I

Einige praktisch wichtige

Düngungsfragen

unter Berücksichtigung neuer Forschungsergebnisse

beantwortet von

Prof. Dr. Paul Wagner,
Vorsteher der Landwirthschaftlichen Versuchsstation Darmstadt.

Fünfte veränderte und vermehrte Auflage.

Darmstadt.
C. F. Winter'sche Buchdruckerei.
1886.

Einzelpreis 1 Mark.

Einige praktisch wichtige

Düngungsfragen

unter Berücksichtigung neuer Forschungsergebnisse

beantwortet von

Prof. Dr. Paul Wagner,

Vorsteher der Landwirthschaftlichen Versuchsstation Darmstadt.

Fünfte veränderte und vermehrte Auflage.

Darmstadt.

C. F. Winter'sche Buchdruckerei.

1886.

Inhaltsverzeichniß.

Zeitschrift des Vereins nassauischer Land- und Forstwirthe:

„Wir hatten schon die erste Auflage dieser Schrift mit größtem Interesse gelesen; denn die Fragen, welche der Verfasser aufstellt, sind für die landwirthschaftliche Praxis von ganz ungewöhnlicher Bedeutung, und gewiß hat sie sich schon jeder denkende Landwirth wiederholt vorgelegt. Die Beantwortung der Fragen ist eine äußerst klare und stützt sich auf zahlreiche Anbauversuche. Die in der Schrift niedergelegten Gesichtspunkte werden sehr geeignet sein, eine vernünftige Anwendung der Kunstdüngemittel zu verbreiten und auch die Differenzen auszugleichen, welche hinsichtlich der Anwendung der Kunstdünger zwischen den Anschauungen der Theoretiker und den Erfahrungen der Praktiker seither noch immer bestanden haben. Wenn die Wissenschaft ihre Schlußfolgerungen aus solchen Grundlagen schöpft, wie es der verehrte Herr Verfasser gethan hat, dann erst wird die Theorie der Praxis jenen werthvollen Dienst leisten, zu welchem sie berufen ist. Wir sind fest überzeugt, daß die Schrift in ihrer neuen Auflage zum Nutzen der Landwirthe in kurzer Zeit die weiteste Verbreitung finden wird."

Hannover'sche Land- und Forstwirthschaftliche Zeitung:

„Dieses Buch ist namentlich auch den mittleren und kleineren Landwirthen zum Studium zu empfehlen, da in demselben die für unsere Zeit so sehr wichtigen Fragen der Verwendung des Kunstdüngers nach Boden, Fruchtart und sonstigen Rücksichten in klarer, leicht faßlicher Weise eingehend erörtert werden. Wir sind überzeugt, daß jeder Landwirth, welcher nach Fortbildung strebt, das kleine Buch nicht unbefriedigt zur Seite legen wird. Wir glauben nicht zu viel zu sagen, wenn wir annehmen, es ist zur Zeit das beste, was dem einfachen Praktiker in Betreff einer kurzen, übersichtlichen Düngerlehre dargeboten wird. Wir wünschen, daß das Buch, in welchem so manche Düngerfrage beantwortet, so manche Anregung zu weiterer Forschung in der eigenen Wirthschaft gegeben wird, künftig im Hause jedes denkenden, vorwärtsstrebenden Landwirths zu finden ist."

Landw. Vereinsblatt der kleineren Landwirthe Mecklenburgs:

„Die Versuche und Untersuchungen des Herrn Prof. Dr. P. Wagner eröffnen bezüglich der Art und Weise der Pflanzenernährung und der auf dieselben einwirkenden Umstände durch die von ihm zuerst durchgeführte neue Methode der Versuchsanstellung viele neue Gesichtspunkte. Es ist interessant, wie manche bisher unerklärten Wahrnehmungen selbstverständlich werden, aber worauf wir besonders hinweisen wollen, ist, daß Wagners sämmtliche Untersuchungen in ihren Endzielen auf die Lösung praktisch wichtiger Fragen gerichtet sind und daß die Ergebnisse derselben in vieler Hinsicht eine Richtschnur abgeben für das Verfahren, welches wir bei der Pflanzenernährung — Düngung — inne zu halten haben. — Die landwirthschaftlichen Vereine werden in den erörterten Fragen willkommene Gegenstände für Verhandlungen in den Vereinsversammlungen finden."

Schweizerisches Landwirthschaftliches Centralblatt:

„Auf dem Gebiete der Düngerlehre ist uns bis jetzt noch keine Arbeit begegnet, welche die wichtigeren Gesichtspunkte für das Verfahren der Düngung in so anschaulicher und überzeugender Weise und dabei in so gedrängter Form entwickelt, wie die vorliegende. Um den Eindruck, welchen wir aus der Durchsicht der Schrift gewonnen haben, kurz zusammenzufassen: die verdienstliche Seite derselben beruht darin, daß sie den Landwirth in ebenso faßlicher wie

gründlicher Anleitung darüber aufklärt, wie wissenschaftliche und praktische Düngungsversuche anzustellen, wie namentlich deren Resultate zu deuten und zu verwerthen sind, und ihn in den Stand setzt, sich eine selbständige Ansicht über eine Reihe zur Zeit lebhaft besprochener Fragen und Aufgaben der Düngung zu bilden und diese nach richtigen Grundsätzen zu betreiben. Von besonderer Wichtigkeit erscheint die Darlegung des Verfassers über die Beziehungen zwischen dem durch die Analyse der Ernten ermittelten specifischen „Nährstoffbedürfniß“ und dem specifischen „Düngebedürfniß“ der Pflanzen, aus welcher Erörterung der Landwirth erfährt, daß behufs richtiger Beurtheilung dieses Verhältnisses von anderen Erwägungen ausgegangen werden muß, als es seither in der Düngerlehre fast allgemein üblich war. — Wir rathen allen Landwirthen, welche im Gebiet der Düngerlehre nach der Befriedigung streben, welche nur eine denkende Auffassung des Gegenstandes gewähren kann, dringend, sich in den Besitz dieses ausgezeichneten Schriftchens zu setzen und dasselbe fleißig zu studiren. Es leitet uns hierbei die feste Ueberzeugung, daß sie aus der eingehenden Beschäftigung mit dem Inhalte desselben und aus der Beherzigung der in solchem gegebenen Lehren den größten Nutzen ziehen werden.“

Thüringische Landwirthschaftliche Zeitschrift:

„Schon mehrmals nahmen wir Gelegenheit, die hervorragenden Verdienste des Verfassers um den Ausbau unserer positiven Kenntnisse über die Wirkungen der wichtigsten Düngerbestandtheile zu würdigen. Der Inhalt der vorliegenden Schrift darf keinem denkenden Landwirth fremd bleiben. Die wichtigsten und schwierigsten Probleme der seitherigen Düngungspraxis sind durch Professor Wagners umfassende und geistreiche Untersuchungen ihrer Lösung um vieles näher gebracht worden. Die Schrift ist sehr populär abgefaßt.“

Landwirthschaftliches Wochenblatt für Schleswig-Holstein:

„Das kleine, nur 92 Seiten starke Büchlein des Verfassers, der durch seine langjährige Beschäftigung mit Versuchen über die Wirkung des künstlichen Düngers besonders dazu berufen war, den gewählten Gegenstand zu behandeln, ist so reich und mannigfaltig an Inhalt, daß wir es jedem Landwirth, der sich für die richtige Anwendung des Kunstdüngers interessirt, warm zum Lesen und Studiren empfehlen können. Alle wichtigen Punkte, die bei solcher Anwendung in Ueberlegung kommen, finden hier eine leichtfaßliche und doch sehr gründliche Besprechung. Wenn das Buch auch keine Recepte giebt noch geben will, so enthält es doch auf jeder Seite Winke und Angaben, die sich ohne Schwierigkeit ins Praktische übertragen lassen. Einiges ist nach Form und Inhalt überraschend und neu.

Das Bedürfniß der einzelnen Culturpflanzen an Nährstoffen wird in dem Buche eingehend besprochen, so namentlich jenes der Halmgewächse, Kleearten, Hülsenfrüchte, Kartoffeln, Zuckerrüben. Mit Entschiedenheit wird für Zuckerrüben als Stickstoffdünger der Chilisalpeter empfohlen, resp. seine Combination mit Superphosphat. Auch die Frage der Wiesendüngung (p. 80) findet am Schlusse eine bündige und treffende Beantwortung.“

Zeitschrift des landw. Vereins für Rheinpreußen:

„Schon der Umstand, daß dieses Werk in sehr kurzer Zeit die zweite Auflage erlebt hat, spricht für den hohen Werth desselben. In der That möchte es kaum eine zweite Erscheinung auf dem landwirthschaftlichen Büchermarkt der letzten Jahre geben, welche so sehr

geeignet ist, einem allseitig tiefgefühlten Bedürfniß gerecht zu werden als die vorliegende. Die wichtigsten Fragen, welche durch die zahlreichen Forschungen der letzten 5—10 Jahre in Fluß gebracht, aber einer definitiven Klärung nicht entgegengeführt worden sind, finden hier eine bestimmte Lösung auf Grund zahlreicher, mit seltener Exacticität durchgeführten eigenen Untersuchungen des Verfassers."

Zeitschrift für die landw. Vereine des Großherzogthums Hessen:

„Seit 1840, als Liebig auf den Kampfplatz trat, um die alten Ansichten über Pflanzendüngung und Pflanzenernährung zu zertrümmern, stehen sich Theorie und Praxis auf diesem Gebiete unvermittelt einander gegenüber. Die Lehre, daß das, was im Pflanzenkörper gefunden werde, die Pflanze als Nährstoff aufgenommen haben müsse und derselben im Dünger zuzuführen sei, erschien durchaus einfach und klar, und es wagte Niemand, welcher Anspruch auf landwirthschaftliche oder agriculturchemische Fachbildung machte, darüber Zweifel zu äußern.

Der strebsame Landwirth bemühte sich, seine Düngung den Lehren und Tabellen anzupassen über die Menge von Bestandtheilen, welche die Ernte dem Boden entnimmt, wie über die Anzahl von Kilogramm Stickstoff, Phosphorsäure, Kali ꝛc., welche den verschiedenen Culturpflanzen pro Morgen mit auf den Weg zu geben sind, um sie zur üppigen Entwickelung zu bringen — leider aber entsprach der Erfolg sehr oft den Voraussetzungen nicht. Der Strebsame erlahmte, wurde oft sogar mißtrauisch gegen die Rathschläge von Landwirthschafts- und Wanderlehrern ꝛc. oder ließ dieselben im besten Falle ihre eigenen Wege gehen, da er es nicht für angebracht hielt, seine thatsächlichen Erfahrungen einer unliebsamen Kritik auszusetzen.

Wir haben jetzt die berechtigte Hoffnung, daß solches für die Zukunft anders und besser werden wird. Die jahrelang fortgesetzten exacten Versuche von Professor Dr. Paul Wagner zeigen, daß der Ernährungsproceß der Culturpflanzen, insoweit dabei der Beruf des Landwirths, möglichst hohe Erträge mit einem Minimum an Düngungskosten zu erzielen, in Frage kommt, noch nicht erkannt war, ja daß sogar in maßgebenden Fragen ganz irrthümliche Auffassungen bestanden.

Die bisher angewandte Methode der Forschung selbst war mangelhaft und mußte zuerst umgebildet werden.

Die in der landwirthschaftlichen Versuchsanstalt zu Darmstadt seit mehreren Jahren nach einer neuen rationellen Methode ausgeführten Versuche ermöglichen es schon jetzt, dem Landmann eine große Anzahl wichtiger Rathschläge zu ertheilen, und es sucht Professor Dr. Wagner in der kleinen Broschüre 22 höchst wichtige Düngungsfragen an der Hand dieser neuesten Forschungsresultate zu beantworten."

Bernische Blätter für Landwirthschaft:

„Eine vortreffliche Schrift, die jedem Landwirth zu großem Nutzen gereichen wird. In ebenso klarer wie leichtfaßlicher Form bietet das kleine Werk eine Fülle des gediegensten Inhalts. Wagner ist der Reformator Liebigs und muß von jedem Bauer, der in Düngungsangelegenheiten nicht blindlings hantieren will, gelesen werden."

1. Welche Stoffe sind für die Düngung der Kulturpflanzen die wichtigsten?

Ein Boden, welcher fähig sein soll, Pflanzen zu ernähren, muß die folgenden Stoffe enthalten: Phosphorsäure, Stickstoff, Kali, Kalk, Magnesia, Eisenoxyd und Schwefelsäure. Ein jeder dieser Stoffe ist für das Pflanzenleben durchaus unentbehrlich, denn fehlt ein einziger derselben, so ist eine Ernährung der Pflanze, so ist die Erzeugung von organischer Substanz absolut unmöglich. In Bezug auf die **Ernährung** der Pflanzen also sind die genannten sieben Stoffe untereinander vollkommen gleichwerthig; die Pflanze kann das Eisen und die Magnesia ebensowenig entbehren als die Phosphorsäure und den Stickstoff — in Bezug auf die **Düngung** dagegen sind sie von sehr verschiedenem Werth.

Ein Boden, dem es beispielsweise an Eisen fehlen könnte, kommt wohl niemals vor; das Eisen hätte also, trotzdem es ein nothwendiger Pflanzennährstoff ist, für Düngungszwecke keine Bedeutung. Ein Boden ferner, der so wenig Magnesia oder Schwefelsäure oder selbst Kalk enthält, daß er den Bedarf der Pflanzen an diesen Stoffen nicht zu decken vermag, kommt ebenfalls nicht häufig vor, weßhalb Magnesia und auch Schwefelsäure und Kalk für alle die Fälle, in welchen es sich

um eine Düngung im engeren Sinne handelt, d. h. um eine Nährstoffbereicherung des Bodens (und nicht etwa um Veränderung gewisser Bodeneigenschaften, wie sie durch eine Kalkdüngung erzielt werden kann), von nur beschränkter Bedeutung sind. Sehr selten aber wird man einen Kulturboden finden, der **Phosphorsäure** oder **Stickstoff** oder **Kali** genug enthält, um die Pflanzen so vollkommen, als es irgend möglich ist, ernähren zu können; verhältnißmäßig selten wird man einen selbst mit Stallmist regelmäßig gedüngten Boden antreffen, auf welchem durch Düngung mit Phosphorsäure oder Kali oder Stickstoff oder einem Gemenge dieser Stoffe nicht noch reichere Ernten zu erzielen wären, als es ohne dieselben möglich ist. In Bezug auf die Düngung sind daher Stickstoff, Phosphorsäure und Kali die weitaus wichtigsten aller Pflanzennährstoffe; sie sind in relativ geringster Menge im Boden enthalten und müssen in erster Linie demselben zugeführt werden, woraus es sich denn auch erklärt, daß die Düngerfabrikanten nur „Stickstoffdünger", „Phosphorsäuredünger" und „Kalidünger" (bezw. Phosphorsäure-Stickstoffdünger u. s. w.) fabriziren, in den betreffenden Düngemitteln einen bestimmten Gehalt an Stickstoff, Phosphorsäure und Kali garantiren und die Preisberechnung der Handelsdünger lediglich nach ihrem Gehalt an den genannten drei für die Düngung wichtigsten Pflanzennährstoffen ausführen.

2. Wodurch unterscheidet sich die Wirkung des Stallmistes von der Wirkung der künstlichen Dünger?

Diese Frage ist wie folgt zu beantworten. Der Stallmist enthält:

a) **sämmtliche Pflanzennährstoffe.** Mittelst dieser also bewirkt der Stallmist eine Ernährung der Pflanzen. Der Stallmist enthält

b) **organische Substanz,** welche im Boden den sogenannten Humus bildet, und dieser macht bekanntlich den Boden locker, erhält ihn feucht, erwärmt ihn und macht ihn chemisch thätig, giebt dem Boden also eine günstige äußere Beschaffenheit.

Wie steht es nun mit den künstlichen Düngern; haben auch diese zweierlei Wirkung; bewirken auch sie einerseits eine Ernährung der Pflanzen und andererseits eine günstige Bodenbeschaffenheit? Hierauf ist zu antworten: Die künstlichen Düngemittel bewirken durchweg nur eine reichlichere **Ernährung** der Pflanzen, indem sie den Gehalt der Ackerkrume an Stickstoff, Phosphorsäure und Kali vermehren; auf die äußere Beschaffenheit des Bodens aber üben sie insofern keinen direkten Einfluß, als sie keine Substanzen enthalten, welche den Acker an Humus bereichern.

Je humusreicher also ein Boden, je günstiger überhaupt seine äußere Beschaffenheit ist, um so sicherer wird im allgemeinen der künstliche Dünger zur Wirkung gelangen und um so mehr wird es möglich sein, einen etwaigen Mangel an Stallmist durch Zukauf von Handelsdünger auszugleichen; je humusärmer dagegen ein Boden ist, um so mehr muß man danach trachten, durch Stallmistdüngung, Gründüngung, Torfdüngung, Bodenbearbeitung oder sonstige Meliorationsmittel den Boden so herzurichten, daß seine äußeren Eigenschaften möglichst günstige sind und er nur noch einer reichlichen Zufuhr von Handelsdünger, also von Nährstoffen bedarf, um die höchstmöglichen Ernten zu liefern.

3. Welche Vortheile bietet die Anwendung von künstlichem Dünger?

Die Hauptvortheile, welche die Verwendung von künstlichen Düngemitteln dem Landwirth bietet, sind folgende:

a) In den künstlichen Düngern kann man sich jederzeit so viel Pflanzennährstoffe kaufen, als man deren nöthig hat, um die höchstmöglichen Erträge zu erzielen.

Es ist Aufgabe des Landwirths, seinen Kulturpflanzen so viel Nährstoffe zuzuführen, sie so intensiv zu ernähren, als es irgend rentabel ist, und wenn nun auch das nächstliegende und natürlichste Material, durch welches man den Pflanzen, bezw. dem Boden Nährstoffe zuführt, der Stallmist ist, so ist dieser doch nicht immer und nicht überall in so reichlicher Menge vorhanden, als es für eine möglichst intensive Pflanzenproduktion erforderlich ist, weßhalb es denn dem Landwirth sehr willkommen sein muß, wenn er eine Düngerfabrik in der Nähe hat, von welcher er die fehlenden Nährstoffe jederzeit und in jedem beliebigen Quantum beziehen kann.

b) In den künstlichen Düngern kauft man die Pflanzennährstoffe in leichtlöslicher und schnellwirkender Form.

Es ist dies sehr wichtig, denn in Folge der großen Löslichkeit und entsprechend schnellen Wirksamkeit, welche den Bestandtheilen der künstlichen Düngemittel eigen ist, ist man im Stande, durch Anwendung von Handelsdünger Erfolge zu erzielen, wie sie bei ausschließlicher Stallmistwirthschaft in der Regel nicht möglich sind. Wendet man beispielsweise Chilisalpeter im Frühjahr als Kopfdüngung an, um eine junge Saat zu kräftigen, so kann man sich leicht von der

schnellen Wirksamkeit dieses Düngemittels überzeugen, denn schon nach wenigen Tagen, falls die Witterung günstig ist, bemerkt man, wie das Grün der Pflanzen sich dunkler färbt, wie sich breite, üppige Blätter entwickeln und eine kräftige, reichliche Bestockung eintritt. Anders ist es beim Stallmist, er enthält wenig in Wasser lösliche und sofort aufnehmbare Stoffe. Erst während der allmählich eintretenden Fäulniß und Verwesung des Mistes im Boden gehen seine Bestandtheile in lösliche Verbindungen über, in Folge dessen die Wirkung der Stallmistdüngung eine langsamere und auf mehrere Jahre sich vertheilende ist. Kommt es also darauf an, eine Pflanze in den Stand zu setzen, innerhalb einer sehr kurzen Zeit, etwa innerhalb weniger Tage oder Wochen, verhältnißmäßig große Mengen von Nährstoffen in sich aufzunehmen, um zu einer üppigen, schnellen Entwickelung befähigt zu sein und möglichst schnell den Gefahren zu entwachsen, welche durch Insektenfraß und ungünstige Witterung dem jungen Pflänzchen drohen, so leisten die künstlichen Düngemittel einen Dienst, wie eine bloße Stallmistdüngung ihn meist nicht zu leisten im Stande ist.

c) In den künstlichen Düngern kann man Phosphorsäure, Stickstoff und Kali **einzeln** kaufen.

Dieser Umstand scheint auf den ersten Blick gar nicht von so großer Wichtigkeit zu sein, und doch verdient er die größte Beachtung, denn es kommt sehr häufig der Fall vor, daß es einem Boden, der regelmäßig mit Stallmist gedüngt worden ist, nicht an den genannten drei Nährstoffen zugleich, sondern nur an einem derselben fehlt und die übrigen zwei in vollkommen ausreichender Menge vorhanden sind, um die höchstmögliche Ernte zu erzielen. Gesetzt, es fehle einem Boden ausschließlich an Phosphorsäure; an Stickstoff und Kali habe er ausreichenden Vorrath — ist es für einen solchen

Fall nicht von sehr großem Werth, daß man ausschließlich die fehlende Phosphorsäure beim Düngerhändler kaufen kann, und würde es nicht viel kostspieliger sein, wenn man durch vermehrte Stallmistdüngung, in welcher man für den vorliegenden Fall überflüssige, also nicht zur Verwerthung kommende Mengen von Stickstoff und Kali zuführen würde, die fehlende Phosphorsäure beschaffen wollte? Ein allgemeines Düngungsgesetz lautet: man soll dem Boden speziell diejenigen einzelnen Nährstoffe in ausreichender Menge zuführen, an denen es in dem besonderen Fall dem Boden fehlt — daß dies aber nur mit Hülfe von künstlichen Düngemitteln geschehen kann, in welchen jeder Nährstoff einzeln zu kaufen ist, liegt ja auf der Hand.

Aber noch mehr. Es ist bekannt, daß es der Pflanze durchaus nicht einerlei ist, in welchem Mengenverhältniß ihr die verschiedenen Nährstoffe geboten werden. Die eine Kulturpflanze liebt eine hervorragend stickstoffreiche Nahrung, die andere eine phosphorsäurereiche, die dritte eine Nahrung, welche reich an Kali und Phosphorsäure ist und so fort — kurz, die Anforderungen, welche die verschiedenen Kulturpflanzen an die Zusammensetzung der ihr durch den Boden und den Dünger dargebotenen Nahrung stellen, sind sehr ungleich.

Dem besonderen Bedürfniß einer jeden Kulturpflanze aber muß natürlich Rechnung getragen werden, wenn die Pflanze üppig gedeihen und eine reiche Ernte liefern soll. Einer Kulturpflanze, die eine phosphorsäurereiche Nahrung liebt, muß durch phosphorsäurereiche Düngung eine solche geboten werden; eine Pflanze, die eine kali- oder eine stickstoffreiche Nahrung liebt, muß mit Kali oder einem Stickstoffsalz gedüngt werden, damit die dargebotene Nahrung eine dem besonderen Bedürfniß der Pflanze entsprechende Zusammensetzung

erhalte, und es ist klar, daß die Möglichkeit, jeder Kulturpflanze eine speziell für sie passende Nahrung zu bieten, nur durch den Umstand gegeben ist, daß man jeden Nährstoff für sich, jeden Nährstoff einzeln vom Düngerhändler kaufen kann.

Kurz gesagt also bestehen die Hauptvortheile, welche die künstlichen Düngemittel dem Landwirth bieten, in Folgendem: In den künstlichen Düngern kann man jederzeit so viel Nährstoffe kaufen, als man sie nöthig hat; man kauft sie in ihnen in der löslichsten und schnellst wirksamen Form, wodurch man im Stande ist, die Ernährung der Pflanzen beliebig zu forciren; man kauft endlich die Nährstoffe einzeln in den künstlichen Düngern, wodurch man einerseits in den Stand gesetzt ist, speziell das Fehlende und nur das Fehlende anzukaufen, und andrerseits im Stande ist, der den Pflanzen durch Boden und Düngung gebotenen Nahrung jede gewünschte Zusammensetzung zu geben und damit dem besonderen Bedürfniß einer jeden Pflanzenart, sowie dem speziellen Kulturzweck Rechnung zu tragen.

4. Wovon ist der Preis und der wirthschaftliche Werth der Handelsdünger abhängig?

Vor Jahren, als über die eigentlichen Werthbestandtheile der Handelsdünger, über deren sogenannten „chemischen Gehalt" noch große Unklarheit und Unkenntniß unter den Consumenten herrschte, auch den Landwirthen erst wenig Gelegenheit geboten war, die Zusammensetzung eines Düngemittels durch die chemische Analyse ermitteln zu lassen, beurtheilte man die Handelsdünger oft nur nach ihrem Namen und äußerem Ansehen und suchte sie zu möglichst niedrigem Centnerpreis zu kaufen. Geruch, Farbe, feuchte oder trockene Beschaffenheit, Grob- oder Feinkörnigkeit u. s. w. galten als die wesentlichsten

Merkmale für die Güte der Düngemittel, und die Fabrikanten suchten je nach den Wünschen ihrer Abnehmer bald ein trockeneres, bald feuchteres, bald grob- bald feinkörniges Düngemittel herzustellen, sahen sich mitunter sogar veranlaßt, der Liebhaberei der Landwirthe für dunkle Färbung der Superphosphate durch Zuhülfenahme von Kienruß Rechnung zu tragen.

Das ist jetzt anders geworden. Man weiß, daß der Werth der Handelsdünger in deren Gehalt an Phosphorsäure, Stickstoff und Kali liegt und daß die Wirksamkeit dieser Stoffe nur durch den Grad ihrer Löslichkeit, beziehungsweise ihrer Zersetzbarkeit, nicht aber durch Farbe oder Geruch des Düngemittels bedingt wird. Man zahlt im Gegensatz zu früher möglichst hohe Centnerpreise, d. h. man kauft mit Vorliebe die concentrirtesten Düngemittel, weil man weiß, daß die Pflanzennährstoffe in ihnen meist am billigsten zu stehen kommen; man läßt den prozentischen Gehalt der gekauften Waare auf einer Versuchsstation feststellen und legt nebenbei nur noch Werth auf einen möglichst hohen Feinheitsgrad der Handelsdünger, sowie auf eine möglichst trockene Beschaffenheit derselben, damit sie sich bequem und gleichmäßig ausstreuen lassen.

Um über die Preiswürdigkeit eines Handelsdüngers ein Urtheil zu gewinnen, multiplizirt man ganz einfach den vom Fabrikanten garantirten Minimalgehalt des betreffenden Düngemittels mit dem jeweils geltenden Durchschnittspreise für Stickstoff, Phosphorsäure und Kali und vergleicht den so berechneten Werth mit dem geforderten Preise.

Zur Zeit kostet im Detailhandel

1	Kilo lösliche Phosphorsäure	durchschnittlich	Mk.	—. 70 Pf.
1	„ leichtlöslicher Stickstoff	„	„	1. 60 „
1	„ Kali (in Süddeutschland)	„	„	—. 37 „

Ein Superphosphat von etwa 20 % löslicher Phosphorsäure hat demnach einen Werth von (20 × 70 Pf. =) 14 Mk. pro 100 Kilo, und für eine Düngemischung z. B., in welcher ein Minimalgehalt von etwa 8% löslicher Phosphorsäure, 2 % Stickstoff und 10 % Kali garantirt ist, würde sich der folgende Werth pro 100 Kilo berechnen:

8 Kilo	Phosphorsäure	à 70 Pf.	=	Mk. 5. 60 Pf.
2 „	Stickstoff	à 160 „	=	„ 3. 20 „
10 „	Kali	à 37 „	=	„ 3. 70 „
			zusammen	Mk. 12. 50 Pf.

Vergleicht man den so gefundenen Werth mit dem geforderten Preis der Düngemischung, so findet man, ob das Düngemittel relativ preiswürdig ist oder nicht; man findet, wie viel der Fabrikant an Mischungskosten berechnet hat und ob es eventuell vortheilhafter ist, sich das Superphosphat, den Salpeter und das Kalisalz einzeln zu kaufen und selber die Mischung vorzunehmen.

5. Welche künstlichen Düngemittel soll man vorzugsweise im Herbst, welche dagegen im Frühjahr verwenden?

Man wähle für die Frühjahrsdüngung in erster Linie diejenigen Handelsdünger, welche am leichtesten in Wasser löslich sind und somit am schnellsten zur Wirkung kommen. Zu diesen gehören der Chilisalpeter, das Ammoniaksalz, die Kalisalze, sodann das Superphosphat, der aufgeschlossene Peruguano, während dagegen das Knochenmehl, das Blutmehl, Fleischdüngemehl, Hornmehl, Wollstaub u. s. w. erst durch allmählich eintretende Fäulniß und Verwesung in lösliche Düngemittel übergehen und daher besser im Herbst zur Verwendung kommen.

Unter den erstgenannten aber befinden sich einige Salze, welche man nicht unbedingt zur Frühjahrsdüngung empfehlen kann, trotzdem sie leichtlöslich sind. Ich nenne als solche zunächst den Kainit und die übrigen bis zu 15 % Kali enthaltenden Staßfurter Salze. In diesen Salzen ist nämlich viel Chlornatrium (Kochsalz) enthalten, und da es Pflanzen giebt, auf welche die Chlorverbindungen, sobald sie in größerer Anhäufung im Boden vorkommen, nachtheilig wirken, so thut man im allgemeinen besser — insbesondere dann, wenn es sich um einen relativ schweren Boden handelt — die genannten Kalisalze mehr für die Herbstdüngung zu benutzen und im Frühjahr den reineren und kalireicheren Salzen den Vorzug zu geben.

Ein weiteres Düngesalz, welches nicht überall, insbesondere nicht für die Frühjahrsdüngung der Wurzel- und Knollengewächse empfohlen werden kann, ist das schwefelsaure Ammoniak.

Das Ammoniak muß nämlich, bevor es den Pflanzen als Nährmittel dient, im Boden in Salpetersäure übergehen, und da dies unter Umständen langsam geschieht, die Wurzel- und Knollengewächse aber gegen Ammoniak sehr empfindlich zu sein scheinen, so wähle man für die Frühjahrsdüngung dieser Pflanzen nicht das Ammoniaksalz, sondern den Chilisalpeter als Stickstoffdünger.

6. Welche künstlichen Düngemittel eignen sich im allgemeinen mehr für trockene und leichte, welche dagegen mehr für feuchte und schwere Böden?

Soweit es möglich ist, auf Grund der bisherigen Erfahrungen eine Antwort auf diese Frage zu geben, sei das Folgende der Beachtung empfohlen.

Will man einem von Natur trockenen, leichten, kalkarmen Sandboden Phosphorsäure zuführen, so scheint es sich zu empfehlen, den langsamer sich lösenden Phosphaten, dem Knochenmehl, der Thomasschlacke, dem gefällten phosphorsauren Kalk, dem rohen Peruguano, den geringprozentigen Phosphoritsuperphosphaten den Vorzug vor denjenigen Düngemitteln zu geben, welche sämmtliche Phosphorsäure in wasserlöslicher Form enthalten. Die wasserlösliche Phosphorsäure scheint sich in einem kalkarmen Sandboden weitgehender zu verbreiten, als es der Aufnahme durch die Pflanzenwurzeln günstig ist, sie scheint eine allzu große Verdünnung in einem solchen Boden zu erleiden, weßhalb es gerathener zu sein scheint, ein weniger verbreitungsfähiges Phosphat zu wählen.

Ich sage ausdrücklich, es scheint so, denn sichergestellt ist dies durchaus noch nicht; in einiger Zeit hoffe ich mich bestimmter über diese Frage aussprechen zu können.

Je trockener ferner die Bodenlage ist, um so mehr sorge man dafür, daß neben Phosphorsäure auch eine genügende Menge von Stickstoff dem Boden zugeführt werde, denn man kann im allgemeinen annehmen, daß auf trockenem, leichten, warmen Boden die Stickstoffdüngung, auf schwerem, feuchten, kalten Boden dagegen die Phosphorsäurezufuhr den Schwerpunkt der Düngung bildet.

Es bleibt noch die Frage zu erwägen, ob auch bei der Wahl eines Kalisalzes die Bodenbeschaffenheit berücksichtigt werden muß, oder ob letztere auf die Wirkung der verschiedenen Staßfurter Salze keinen Einfluß hat.

Diese Frage ist kurz dahin zu beantworten, daß man die reineren kalireichen Staßfurter Salze auf jedem Boden verwenden kann und dieselben ihrer Natur nach eben so gut auf einem leichten als auf einem schweren Boden zur Wirkung

kommen. Den Kainit und Carnallit aber und die ähnlich zusammengesetzten kaliarmen und kochsalzreichen Abfallsalze verwende man nicht auf sehr schweren Böden, weil die ohnehin ungünstige physikalische Beschaffenheit dieser Böden durch den Einfluß genannter Salze in nachtheiliger Weise beeinflußt wird, indem der Kochsalzgehalt derselben eine erhebliche Verhärtung des Bodens verursacht. Eine Düngung leichten Sandbodens mit Kainit oder Carnallit kann dagegen sehr empfohlen werden. Die wasserhaltende Kraft des Sandbodens wird durch den Kochsalzgehalt dieser Salze in beachtenswerthem Maß begünstigt, worüber ich an anderem Orte demnächst nähere Mittheilungen machen werde.

Nicht unerwähnt mag es an dieser Stelle bleiben, daß man von der Kalidüngung überhaupt auf leichteren Bodenarten meist bessere Erfolge erzielt hat als auf schwereren Böden.

7. In welcher Weise und zu welcher Zeit soll man die künstlichen Dünger in den Boden bringen?

Auf einen Theil dieser Frage ist bereits auf S. 9 eine Antwort gegeben worden, wo ich hervorgehoben habe, daß die Düngemittel organischen Ursprungs, wie Knochenmehl, Blutmehl, Fleischmehl, Hornmehl, Wollstaub u. s. w., deren Bestandtheile erst durch Fäulniß und Verwesung in Lösung gehen müssen, ehe sie zur Wirkung kommen, in der Regel im Herbst, die unorganischen Düngemittel dagegen, wie Ammoniaksalz, Superphosphat, Kalisalz, Chilisalpeter, welche als „leichtlöslich“ bezeichnet wurden, mehr im Frühjahr in den Boden gebracht werden, beziehungsweise (mit Ausnahme des Chilisalpeters) im Frühjahr und Herbst angewendet werden können. Es fragt sich nur noch, ob und unter welchen Umständen es empfehlenswerth ist, künstliche Düngemittel auch während

der Vegetationszeit der Pflanzen anzuwenden, also als „Kopfdünger" zu benutzen.

Bei dieser Frage kommt ausschließlich der **Chilisalpeter** in Betracht, denn Superphosphat, Ammoniaksalz und Kalisalz, obgleich sie in Wasser leicht löslich sind, können zur Kopfdüngung durchaus nicht empfohlen werden, indem das Absorptionsvermögen des Bodens sie hindert, tief genug in die Krume einzudringen.

Man hat vielfach vorgeschlagen, den Salpeter überall und stets nicht in den Boden zu bringen, sondern ihn den jungen Pflanzen, sobald etwa das dritte Blatt bei den Halmgewächsen gebildet, oder das Kraut der Kartoffeln handbreit hoch gewachsen ist, als Kopfdüngung zu geben, indem man befürchtete, daß der Salpeter, für den der Boden bekanntlich kein Absorptionsvermögen besitzt, sonst zu tief in den Boden gewachsen und den Pflanzenwurzeln zum großen Theil unerreichbar werden könne.

Ich vermag diesem Vorschlage nicht beizustimmen und kann die erwähnte Befürchtung nicht theilen. So weit ich die Erfahrungen Anderer überblicke und selber Versuche darüber angestellt habe, ist es richtiger, den Salpeter überall da, wo derselbe für Sommergewächse angewendet werden soll, unmittelbar vor der Einsaat auszustreuen und tief einzueggen oder flach einzupflügen, ihn zur Kopfdüngung dagegen nur in Ausnahmefällen anzuwenden, nämlich dann, wenn die Pflanzen durch Frost oder kalte Witterung, durch Insekten, durch Mäusefraß, durch Hagelwetter, durch Dürre u. s. w. gelitten haben und man sie zu schneller, üppiger Entwickelung anregen will. Die Kopfdüngung mit Chilisalpeter soll bei Sommergewächsen nicht Regel, sondern Ausnahme sein, ist aber für solche Ausnahmefälle sehr zu empfehen, denn,

wie bereits oben erwähnt wurde: es leistet der Salpeter, auch wenn er verhältnißmäßig spät zur Anwendung kommt, oft noch sehr gute Dienste.

Nur wenn man es mit einem sehr leichten Sandboden von geringer wasserhaltender Kraft zu thun hat, mag es richtiger sein, den Salpeter nach der Einsaat auf den Boden zu streuen und denselben nicht unterzubringen.

Dem Wintergetreide gebe man im März eine Kopfdüngung von Chilisalpeter.

Was nun schließlich noch die Art des Ausstreuens der künstlichen Düngemittel betrifft, so ist unter allen Umständen und für alle Pflanzengattungen das breitwürfige Ausstreuen, eine möglichst gleichmäßige Vertheilung der Düngemittel über die Bodenfläche und ein tiefes Unterbringen (letzteres namentlich für Phosphorsäure- und Kalidünger) zu empfehlen.

Auf ein tiefes Unterbringen der Düngemittel lege man besonders da großes Gewicht, wo die Pflanzen leicht durch Mangel an Bodenfeuchtigkeit leiden, denn je tiefer die Düngung geht, um so tiefer gehen auch die Wurzeln und um so weniger werden in Folge dessen die Pflanzen bei etwa eintretender Dürre zu leiden haben.

8. Welche Pflanzen soll man mit Stickstoff düngen und welche nicht?

Dies ist eine Frage von großer Wichtigkeit, denn der Stickstoff ist der theuerste von allen Pflanzennährstoffen, er kostet fast dreimal so viel als die Phosphorsäure und fünfmal so viel als das Kali, also hat man es sich wohl zu überlegen, welche der landw. Kulturpflanzen die größte Sicherheit für den Erfolg einer Düngung mit Salpeter oder Ammoniaksalz bieten.

Meine Versuche haben hierüber einige Aufschlüsse gegeben; ehe ich sie mittheile, aber wollen wir eine einfache Rechnung ausführen, welche uns schon einen höchst werthvollen Anhalt bietet.

Schlagen wir Mentzel und Lengerkes Landw. Kalender auf, so finden wir daselbst in Wolffs Tabelle angegebn, daß 100 Kilo Gerstenkörner 1,6 Kilo Stickstoff, und daß 200 Kilo Gerstenstroh (welche man mit 100 Kilo Gerstenkörner zugleich ernten würde) 1,28 Kilo Stickstoff enthalten, mithin würde man durch eine Düngung von 2,88 Kilo Stickstoff einen Mehrertrag von 100 Kilo Gerstenkörner und 200 Kilo Gerstenstroh erhalten müssen.

Diese Rechnung aber ist insofern noch nicht ganz richtig, als man ja nicht sämmtlichen in der Düngung gegebenen Stickstoff in der Erntemasse zurückerhält; ein Theil bleibt im Boden, ein anderer versickert in den Untergrund, ein dritter bleibt in der Wurzelmasse. Selbst unter den allergünstigsten Verhältnissen muß man annehmen, daß von 100 Th. Stickstoff mindestens 20 Th. ungenutzt verloren gehen.

Nehmen wir nun also an, daß von 10 Kilo Stickstoff, die wir etwa in Form von Chilisalpeter in den Boden bringen und die früher circa 20 Mk. kosteten, z. Z. aber schon für 16 Mk. zu haben sind, **8 Kilo** in dem Mehrertrage wiedergewonnen werden, so würden wir an Mehrertrag erhalten müssen:

bei Gerste	278 Kilo Körner	} im Werthe von ca.	**58** Mk.
	556 „ Stroh		
„ Hafer	265 „ Körner	} „ „ „ „	**49** „
	530 „ Stroh		
„ Erbsen	141 „ Körner	} „ „ „ „	**29** „
	282 „ Stroh		
„ Raps	167 „ Körner	} „ „ „ „	**61** „
	501 „ Stroh		

bei Kartoffeln	2051 Kilo Knollen 205 „ Kraut	im Werthe von ca.	**61** Mk.
„ Futterrunkeln	3137 „ Wurzeln 784 „ Blätter	„ „ „ „	**47** „
„ Wicken	348 „ Heu	„ „ „ „	**15** „
„ Luzerne	348 „ „	„ „ „ „	**21** „
„ Rothklee	400 „ „	„ „ „ „	**24** „
„ ital. Raygras	500 „ „	„ „ „ „	**25** „

Welch hohen Werth die vorstehend ausgeführte Rechnung hat, erkennt man auf den ersten Blick, und es ist eigentlich zu verwundern, daß man die Stickstoff-Düngungsfrage bislang noch nicht auf Grund dieser sehr einfachen und naheliegenden Rechnung beurtheilt hat. Man hätte sich den vielen Streit darüber, ob eine Stickstoffdüngung für Klee, Wicken, Erbsen, Luzerne und andere Leguminosen rentabel sei oder nicht, ersparen können; fragliche Düngung konnte einfach bei den früheren Stickstoffpreisen nicht rentabel sein, selbst dann nicht, wenn die denkbar günstigsten Verhältnisse für Stickstoffaufnahme vorausgesetzt wurden.

Je stickstoffreicher die Erntemasse einer Pflanze ist, um so geringer ist natürlich der Mehrertrag, der aus einem bestimmten in der Düngung gegebenen Stickstoffquantum resultiren kann, und da der Marktwerth der Feldprodukte nicht im Verhältniß zu ihrem Stickstoffgehalt steigt und fällt, so muß in der Regel die Stickstoffdüngung um so **rentabeler** sein, je stickstoff**ärmer** die Pflanzen sind.

Aus obiger Tabelle ersieht man, daß die Getreidepflanzen, der Raps und die Kartoffeln eine sehr hohe Rente der Stickstoffdüngung in Aussicht stellen. Damit ist aber noch nicht erwiesen, daß diese Pflanzen die aus der Rechnung als möglich erscheinende Rente thatsächlich ge-

währen, denn das Aufnahmevermögen der Kulturpflanzen beziehungsweise das Ausnutzungsvermögen derselben für Stickstoff ist sehr verschieden. Die einen verlangen viel leichtlöslichen und leichtbeweglichen Stickstoff im Boden und sind äußerst dankbar für eine Düngung mit Stickstoffsalzen, sie nutzen dieselbe in hohem Grade aus; die anderen dagegen können ihren Bedarf an Stickstoff mit so großer Leichtigkeit aus den ihnen zu Gebote stehenden Quellen decken, daß eine Salpeterdüngung in der Regel nur wenig Eindruck auf sie macht.

Gerade die stickstoffreichsten Kulturpflanzen, wie meine Forschungen es ergeben haben, gehören zu den letzteren, während die düngungsbedürftigsten meist solche sind, die eine relativ stickstoffarme Erntemasse liefern.

Ich führe aus meinen zahlreichen Versuchen die folgenden Mittelzahlen an:

a) durch ausschließliche Stickstoffdüngung wurde erhalten:
bei Erbsen nur 4 % Mehrertrag gegen ungedüngt,
„ Gerste dagegen **13** % „ „ „

b) durch Stickstoffdüngung neben Phosphorsäuredüngung wurde erhalten:
bei Erbsen nur 6 % Mehrertrag gegen Phosphorsäuredüngung,
bei Gerste dagegen **33** % Mehrertrag gegen Phosphorsäuredüngung,

c) durch Stickstoffdüngung neben Phosphorsäure- und Kalidüngung wurde erhalten:
bei Erbsen nur 4 % Mehrertrag gegen Phosphorsäure- und Kalidüngung,
bei Gerste dagegen **55** % Mehrertrag gegen Phosphorsäure- und Kalidüngung;

und weiter aus einer anderen Versuchsreihe:

d) durch ausschließliche Stickstoffdüngung wurde erhalten:

bei Hafer **38%** Mehrertrag gegen ungedüngt,
„ Gras (ital. Raygras) **38%** Mehrertrag gegen ungedüngt,
„ Erbsen nur 2% Mehrertrag gegen ungedüngt,
„ Lupinen „ 0% „ „ „

e) durch Stickstoffdüngung neben Phosphorsäuredüngung wurde erhalten:

bei Hafer **79%** Mehrertrag gegen Phosphorsäuredüngung,
„ Gras **78%** Mehrertrag gegen Phosphorsäuredüngung,
„ Erbsen nur 3% Mehrertrag gegen Phosphorsäuredüngung,
„ Lupinen nur 2% Mehrertrag gegen Phosphorsäuredüngung.

Aus diesen Zahlen ersieht man deutlich, daß das spezifische Düngebedürfniß der Kulturpflanzen für Stickstoff ein sehr verschiedenes ist, und ich kann auf Grund der bis jetzt vorliegenden Forschungsresultate die in der Ueberschrift genannte Frage wie folgt beantworten:

1. Von allen landw. Kulturpflanzen sind es die **Halmgewächse**, welche die **größte** Garantie für eine rentabele Wirkung der Stickstoffdüngung, insbesondere der Salpeterdüngung bieten, sie sind es, welche die relativ geringste Fähigkeit besitzen, die im ungedüngten Boden und in der Atmosphäre ihnen zur Verfügung stehenden Stickstoffquellen auszunutzen und daher einer relativ großen Menge leichtlöslichen und leichtbeweglichen Stickstoffs im Boden bedürfen, um die höchstmögliche Erntemasse zu liefern.

2. Auf die Halmgewächse folgen die **Hackfrüchte.** Soweit man aus den bislang ausgeführten Felddüngungsversuchen urtheilen darf, ist es wahrscheinlich, daß die Hackfrüchte zwar ein geringeres Ausnutzungsvermögen für leichtlöslichen Bodenstickstoff haben als die Halmgewächse, sie aber doch in den weitaus meisten Fällen die Verwendung von Chilisalpeter in sehr befriedigendem Maße lohnen werden.

3. Weniger als die Hackfrüchte bieten die **Futtergräser** Garantie für eine Rente der Stickstoffdüngung. Sind auch die Futtergräser in ihrer Ausnutzung der Stickstoffdüngung sogar den Halmgewächsen vollkommen gleich — wie meine oben mitgetheilten Versuchsergebnisse es ja zeigen — so stehen sie doch bezüglich der Rentabilität der Stickstoffdüngung den Halmfrüchten bedeutend nach, weil eben das von ihnen gewonnene Ernteprodukt einen verhältnißmäßig geringeren Werth hat. Wie die oben ausgeführte Rechnung zeigt, kann man bei Gräsern durch einen Aufwand von 100 Mk. für Salpeterdüngung (den früheren Preis von 2 Mk. per Kilo Stickstoff angenommen) günstigsten Falls einen Mehrertrag im Werthe von nur 125 Mk. erzielen, und wenn man daneben erwägt, daß eine 80-prozentige Ausnutzung der Stickstoffdüngung, wie wir sie unserer Berechnung zu Grunde gelegt haben, in der Regel nicht bei ausschließlicher Salpeter- oder Ammoniaksalzdüngung, sondern nur bei gleichzeitiger Phosphorsäure- und eventuell auch Kalisalzdüngung möglich ist, mithin auch noch ein erheblicher Theil der Kosten dieser Düngungen von den 125 Mk. abgeht, so ist es klar, daß eine Salpeter- oder Ammoniaksalz- oder Guanodüngung auf Wiesen bei den früheren Stickstoffpreisen zu theuer kam. Wiesen darf man, soweit sie überhaupt eine Stickstoffdüngung verlangen, nur dann mit Salpeter oder Ammoniaksalz düngen, wenn der

Stickstoff — wie es z. B. der Fall ist — erheblich weniger als 2 Mark per Kilo kostet.

4. Die geringste Aussicht auf eine Rente der Stickstoffdüngung bieten die **Leguminosen,** die Erbsen, Wicken, Lupinen, Klee, Luzerne 2c. Schon die bloße Rechnung ergiebt, daß eine Düngung mit Stickstoffsalzen bei diesen Pflanzen in nur geringem Maße den Ertrag an Pflanzenmasse zu steigern vermag und durch meine Düngungsversuche ist es weiter mit vollkommener Bestimmtheit nachgewiesen worden, daß genannte Pflanzen nur einer verhältnißmäßig geringen Anhäufung von leichtlöslichen Stickstoffverbindungen im Boden bedürfen, um normal gedeihen und selbst so hohe Erträge liefern zu können, wie sie unter den anderweit gegebenen Vegetationsverhältnissen überhaupt möglich sind.

Aus welchen Quellen die Leguminosen hauptsächlich den Stickstoff nehmen, ist eine noch ungelöste Frage; auf alle Fälle aber ist es ein nicht zu unterschätzender wirthschaftlicher Gewinn, wenn sie Stickstoffmaterial, welches anderen Kulturpflanzen unzugänglich, für diese also werthlos ist, in organische Substanz überführen und damit das umlaufende Stickstoffkapital der Wirthschaft vermehren.

9. Welches Stickstoffsalz wirkt am sichersten, der Chilisalpeter oder das schwefelsaure Ammoniak?

Eine Antwort auf diese Frage ergiebt sich aus dem abweichenden Verhalten des Chilisalpeters gegenüber dem Ammoniaksalz zum Boden und zur Pflanze, wobei hauptsächlich die folgenden Momente in Betracht kommen.

a) Der Chilisalpeter enthält den Stickstoff in einer dem Aneignungsvermögen der Pflanze vollkommen entsprechenden Form, während das in den Boden gebrachte Ammoniaksalz

erst in salpeterartige Verbindungen übergehen muß, ehe es zur Stickstoffernährung der Pflanzen wesentlich beitragen kann. Die Umwandlung des Ammoniaks in Salpetersäure aber geht langsam vor sich, und die Salpeterbildung ist an gewisse, nicht überall und nicht zu jeder Zeit in genügendem Maße vorhandene Bedingungen geknüpft. Mikroskopisch kleine Organismen sind es, welche den Uebergang des Ammoniaks in Salpetersäure vermitteln und diese Organismen treten nur dann in volle Wirksamkeit, wenn eine genügende Menge von organischer Substanz, von kohlensaurem Kalk, Feuchtigkeit, Wärme und atmosphärischem Sauerstoff in der Ackerkrume vorhanden ist. Fehlt es an einer oder an mehreren dieser Bedingungen, ist der Boden nicht genug durchlüftet oder ist er sehr kalkarm, oder humusarm, oder zu trocken 2c., so geht die Salpeterbildung zu langsam vor sich und die Wirkung der Ammoniakdüngung ist eine geringe.

b) Der Chilisalpeter ist freibeweglich im Boden, er kann in Folge dieser Eigenschaft leicht und schnell von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden. Das Ammoniak dagegen wird bei der Berührung mit dem Boden — namentlich mit thonigem Boden — unbeweglich und erst die aus dem Ammoniak entstehende Salpetersäure macht sich frei von den Anziehungskräften des Bodens.

c) Der Chilisalpeter dringt tiefer in den Boden ein als das Ammoniak, in Folge dessen die Salpeterdüngung ein Tiefergehen der Wurzeln veranlaßt und die Pflanzen hierdurch einen größeren Wasservorrath des Bodens zur Verfügung erhalten, der sie in trockener Jahreszeit versorgt und selbst über anhaltende Dürre hinweghilft.

Ein zu tiefes Versickern des im Frühjahr in den Boden gebrachten Chilisalpeters ist nur bei sehr leichtem Sandboden

und auch hier nur bei sehr nasser Frühjahrswitterung zu befürchten. Ein Ausstreuen des Salpeters unmittelbar nach der Einsaat auf den Boden dürfte unter solchen Verhältnissen zu empfehlen sein.

d) Bei sehr starken Düngungen ist ein nachtheiliger Einfluß des schwefelsauren Ammoniaks auf die Vegetation konstatirt worden, während ein solcher bei entsprechend starken Salpeterdüngungen nicht, oder bei weitem nicht in gleichem Maße beobachtet werden konnte, und zwar hat man bei einzelnen Versuchen die schädliche Wirkung sehr starker Ammoniakdüngungen nicht nur bei der auf die Düngung folgenden ersten Frucht, sondern auch als Nachwirkung auf weiter folgende Kulturen feststellen können.

Aus diesen vier Gründen ergiebt sich, daß die Salpeterdüngung sicherer wirken muß als die Ammoniakdüngung und dies ist auch durch die Erfahrung der landwirthschaftlichen Praxis bestätigt worden. Die Salpeterdüngung garantirt mit größerer Zuverlässigkeit einen befriedigenden Erfolg als die Ammoniakdüngung.

10. Mit welchem Stickstoffsalz soll man Kartoffeln und Zuckerrüben düngen?

Diese Frage ist schon viel besprochen und durch Düngungsversuche geprüft worden. Bei Versuchen, welche man in der Provinz Sachsen anstellte, hat man gefunden, daß der Chilisalpeter sowohl bei Kartoffeln als auch bei Zuckerrüben sich einer entsprechenden Ammoniaksalzdüngung überlegen zeigte, und in besonders eklatanter Weise hat eine Reihe von mir ausgeführter Kartoffeldüngungsversuche nicht nur die Ueberlegenheit des Salpeters, sondern auch eine unter Umständen sogar nachtheilige Wirkung des Ammoniaksalzes erwiesen.

Es wurden die folgenden Düngungen pro Hektar gegeben:
Versuch 1: 0 Stickstoff,
„ 2: 40 Kilo Stickstoff in Form von Chilisalpeter.
„ 3: 40 „ „ „ „ „ Ammoniaksalz.

Jeder Versuch wurde achtmal auf auseinanderliegenden Parzellen wiederholt. Die Resultate dieser Versuche sind die nachstehenden.

Die Kartoffeln gingen in Folge verhältnißmäßig später Pflanzung und darauf eintretender warmer Witterung schnell auf und zwar sehr gleichmäßig auf allen Parzellen, auch zeigten sich, da das Saatgut mit größter Sorgfalt ausgelesen war, nur sehr wenig Fehlstellen. Ungefähr 14 Tage nach dem Aufgehen der Kartoffeln waren Einflüsse der Düngung deutlich erkennbar, indem die mit Salpeter gedüngten Pflanzen am üppigsten entwickelt standen und eine dunkelgrüne Färbung zeigten, während die ungedüngten und die mit Ammoniak gedüngten Pflanzen weit weniger kräftig entwickelt waren. Diese letzteren zeichneten sich außerdem noch durch eine gelbgrüne Färbung aus.

Diese Unterschiede traten mit vollkommener Regelmäßigkeit auf allen Parzellen auf und steigerten sich mit der weiteren Entwickelung der Pflanzen, so daß die mit Ammoniaksalz gedüngten acht Parzellen sich durch eine abnorm gelbgrüne Färbung mit größter Schärfe von den Nachbarparzellen abgrenzten. Etwa acht Tage vor Beginn der Blüthe trat ein allmählicher Ausgleich der Unterschiede ein; die Ammoniakpflanzen färbten sich nach und nach dunkler, sie fingen an, sich kräftiger zu entwickeln, überholten bald sichtlich die ungedüngten Parzellen und standen schließlich den mit Salpeter gedüngten Pflanzen wenig nach. Jetzt trat eine mehrere Wochen anhaltende Regenzeit ein, die der weiteren Vegetation der Kar=

toffeln höchst ungünstig war; darauf folgten sehr warme sonnige Tage, welche wie mit einem Schlage das durch Nässe empfindlich gewordene Kraut der Kartoffeln zum Absterben brachten, so daß schon Ende August die Kartoffeln geerntet werden mußten, wobei die folgenden Mittel-Resultate erhalten wurden:

		Erträge: (Ertrag von Düngung 1 = 100 gesetzt)
Düngung	1. ohne Stickstoff	100
„	2. Stickstoff als Salpeter	128
„	3. „ „ Ammoniaksalz	99.

Aus diesen Ergebnissen ist mit vollkommener Zuverlässigkeit zu ersehen, daß, während die Salpeterdüngung einen sehr erheblichen Mehrertrag (28°/o) hervorgebracht hatte, die Ammoniakdüngung nicht im Stande gewesen ist, einen Mehrertrag zu bewirken.

Der in Form von schwefelsaurem Ammoniak gegebene Stickstoff hat, wie aus obiger Schilderung des äußeren Ansehens der Pflanzen während der Vegetation hervorgeht, zunächst nachtheilig gewirkt, die Pflanzen haben sich später wieder erholt, und ihr Kraut hat sich schließlich noch recht üppig, fast so üppig wie bei den Salpeterpflanzen, entwickelt; der Knollenertrag aber ist dem der ungedüngten Parzellen gleich gewesen. Der in Form von Chilisalpeter dargereichte Stickstoff dagegen hat von Anfang an eine äußerst üppige und gesunde Entwickelung der Pflanzen bewirkt.

Manchem Landwirth mag dies Resultat räthselhaft erscheinen und mit seinen praktischen Erfahrungen bezüglich der Wirkung des schwefelsauren Ammoniaks nicht im Einklang stehen; allein das Resultat ist richtig, und die folgende Annahme macht es erklärlich.

Das der Pflanze bei weitem zuträglichste — möglicherweise allein zuträgliche — Stickstoff-Nährmittel ist die Salpetersäure. Eine Düngung mit schwefelsaurem Ammoniak befördert nur dadurch das Wachsthum der Pflanzen, daß das Ammoniak im Boden allmählich in Salpetersäure übergeht. So lange diese Umwandlung aber nicht geschehen ist, kann dasselbe unter Umständen einen nachtheiligen Einfluß auf die Pflanzen ausüben.

Das Ergebniß des oben mitgetheilten Versuchs wäre hiernach klar. In Folge der verhältnißmäßig späten Bestellung der Kartoffeln und der darauf folgenden warmen Witterung begann die Vegetation der Pflanzen schneller, als das Ammoniak sich in Salpetersäure umwandeln konnte, und es kam noch dazu, daß die Kalkarmuth des Bodens, sowie die längere Zeit hindurch währende trockene Witterung der Umwandlung des Ammoniaks in Salpetersäure ungünstig waren. Die Kartoffelpflanzen erhielten in Folge dessen keine ihnen zuträgliche Stickstoffnahrung, das Ammoniak wirkte sogar direkt nachtheilig, was sich durch die ungesunde Färbung des Krautes äußerte, bis gegen Beginn der Blüthe die inzwischen erfolgte Salpetersäurebildung eine Erholung der Pflanzen und danach eine üppige Krautentwickelung bewirkte, die jedoch der Knollenbildung — theils wohl in Folge der schon zu weit vorgerückten Entwickelung der Pflanzen, theils in Folge der später eintretenden höchst ungünstigen Witterung — nicht mehr zu Gute kommen konnte, so daß der Knollenertrag der Ammoniakpflanzen den der ungedüngten Parzellen nicht überstieg.

Ist also das Ammoniak in relativ großer Menge im Boden vorhanden, und finden zugleich Verhältnisse statt, welche die Salpetersäurebildung sehr verzögern, so kann dasselbe nachtheilig auf die Vegetation einwirken; an einer gelblichen

Färbung der Blätter ist seine nachtheilige Wirkung, gegen welche besonders Kartoffeln und rübenartige Gewächse empfindlich zu sein scheinen, zu erkennen. Die schädliche Wirkung, welche bei anhaltend trockenem, heißen Wetter selbst eine frische Stallmistdüngung auf Kulturpflanzen ausüben kann, wird möglicherweise ebenfalls auf den Einfluß des unter solchen Verhältnissen in großer Menge aus dem Stallmist sich entwickelnden und nur langsam in Salpetersäure übergehenden Ammoniaks zurückzuführen sein.

Meiner Ansicht nach soll man daher bei Kartoffeln- und Zuckerrübendüngung vom schwefelsauren Ammoniak ganz und gar absehen und unbedingt den Chilisalpeter an dessen Stelle setzen. Mag die Ammoniakdüngung häufig auch eben so gut wirken als die Salpeterdüngung — und dies wird besonders bei humus- und kalkreichem Boden und unter feuchtwarmer Witterung, unter Verhältnissen also, welche die Salpetersäurebildung beschleunigen, der Fall sein —, so steht es doch fest, daß in den weitaus meisten Fällen die Ammoniakdüngung weniger sicher gewirkt und im Mittel der bisherigen Versuche einen erheblich geringeren Ertrag ergeben hat, als die entsprechende Salpeterdüngung.

Je 100 Kilo Chilisalpeter haben im Durchschnitt sehr vieler in der Provinz Sachsen ausgeführter Einzelversuche einen Mehrertrag von 49 Ctr. Zuckerrüben geliefert, während die entsprechende Ammoniakdüngung (75 Kilo schwefels. Ammoniak) nur 30 Ctr. Mehrertrag, also 19 Ctr. weniger als die Salpeterdüngung ergeben hat.

11. Raubt der Chilisalpeter den Boden aus?

Man hört häufig die Meinung aussprechen, der Salpeter vermehre zwar im hohen Grade die Erträge, aber er „beraube"

den Boden, es verarme der Boden unverhältnißmäßig schnell an Phosphorsäure, und die Rentabilität der Salpeterdüngung werde dadurch erheblich herabgedrückt. Von Seiten der Wissenschaft pflegt man diese Bedenken als durchaus unbegründete zurückzuweisen, indem man sagt: wenn der Salpeter die Nebenwirkung besitzt, daß er die schwerlöslichen Bodenphosphate aufschließt und sie den Pflanzen leichter zugänglich macht, so kann solche Wirkung ja nur als eine höchst werthvolle gerühmt werden, denn nicht das liegende Nährstoffkapital im Boden, sondern das umlaufende hat einen wirthschaftlichen Werth, und daß eine reichere Ernte dem Boden nicht nur mehr Stickstoff, sondern auch mehr Phosphorsäure entzieht als eine geringere, mithin ein mit viel Stickstoff gedüngter Boden auch einen reichlichen Ersatz an Phosphorsäure fordert — ist ja doch ganz selbstverständlich.

Dieser Beurtheilung der fraglichen Nebenwirkung des Chilisalpeters muß man allerdings beistimmen — allein sie bedarf doch noch einer nicht unwesentlichen Ergänzung, wie man aus Folgendem ersehen wird.

Bei Versuchen, welche ich mit Erbsen ausführte, erhielt ich die nachstehenden Erträge:

1. bei ungedüngt . . . . 100 Ertrag,
2. bei Düngung mit Salpeter und Kali 111 „
3. „ „ „ Salpeter, Kali und Phosphorsäure . . . . . 137 „

Aus diesen Zahlen müßte man annehmen, daß es bei Versuch 2 den Pflanzen nicht möglich gewesen wäre, soviel Phosphorsäure aus dem Boden aufzunehmen, als zur Bildung von 137 Erntemasse (wie ich sie bei Versuch 3 nach Zugabe von Phosphorsäure erhalten hatte) nothwendig war. Diesem widerspricht aber das Resultat der mit der Erntesubstanz vor-

genommenen analytischen Phosphorsäurebestimmung. Die Erntemasse enthielt:

1. bei ungedüngt . . . . 100 Phosphorsäure,
2. bei Salpeter- und Kalidüngung . 145 „
3. bei Salpeter-, Kali- und Phosphorsäuredüngung . . . . . . 140 „

Man ersieht hieraus, daß bei Versuch 2 die Pflanzen ebensoviel Phosphorsäure dem Boden entnommen hatten als bei Versuch 3; die aus dem ungedüngten Boden durch Vermittelung des Salpeters und des Kalisalzes den Pflanzen des Versuches 2 zugeführte Phosphorsäure aber hatte nicht den gleichen Mehrertrag hervorzubringen vermocht, als die (nicht größere) Menge Phosphorsäure, welche die Pflanzen aus der Superphosphatdüngung aufgenommen hatten. Wie ist dies zu erklären? Ich glaube auf folgende Weise. Die Phosphorsäuredüngung setzte die Pflanzen in den Stand, während ihrer frühesten Entwickelung reichliche Mengen von Phosphorsäure aufzunehmen, sie versorgte die Pflanzen zu rechter Zeit mit Phosphorsäure, während der nur mit Salpeter gedüngte Boden die Pflanzen anfangs nach Phosphorsäure hungern ließ; und wenn es nun auch der lösenden Einwirkung des Salpeters und des Kalisalzes gelang, den Pflanzen während der ganzen Dauer ihrer Vegetation allmählich so viel Phosphorsäure zuzuführen, daß sie schließlich eben so viel davon enthielten, als die mit Phosphorsäure gedüngten: so nützte den Pflanzen diese Phosphorsäure doch nichts, sie war ihnen nicht zu rechter Zeit geboten worden.

Wir ersehen hieraus, daß eine Düngung mit Salpeter und Kalisalz die Pflanzen zu einer Luxusaufnahme von Phosphorsäure, d. h. zur Aufnahme unverwerthbarer Phosphorsäure veranlaßt. Diese Luxusaufnahme aber — und das ist

für die praktische Düngungslehre von großer Wichtigkeit — findet nur dann statt, wenn der Boden nicht mit Phosphorsäure gedüngt ist, bezw. nicht im Stande ist, die Pflanzen schon in demjenigen Stadium ihrer Entwickelung mit Phosphorsäure zu sättigen, in welchem sie relativ große Mengen derselben verwerthen können. Also kurz: wird ein phosphorsäurereicher Boden mit Salpeter gedüngt, so sättigt sich die Pflanze schon in früher Jugend mit Phosphorsäure und bringt dieselbe zu hoher Verwerthung — wird dagegen ein phosphorsäurearmer Boden mit Salpeter gedüngt, so sättigt sich die Pflanze nur sehr allmählich mit Phosphorsäure und nimmt einen großen Theil derselben erst in so weit vorgeschrittenem Stadium ihrer Ausbildung auf, daß sie keinen Gebrauch mehr davon machen kann.

Hieraus folgt die wenn auch befremdlich erscheinende Thatsache, daß die aus reichem, bezw. stark gedüngtem Boden aufgenommene Phosphorsäure den Pflanzen mehr werth ist, als die aus armen Boden aufgenommene, und daß eine Salpeterdüngung nur dann eine Aufnahme unverwerthbarer Phosphorsäure, eine „Luxusconsumtion“ und mithin eine unwirthschaftliche „Beraubung“ des Bodens verursacht, wenn der Boden nicht mit Phosphorsäure gedüngt, bezw. arm daran ist. Für die Praxis aber ergiebt sich daraus, daß bei der Anwendung von Chilisalpeter und Kalisalzen auf gleichzeitige Verwendung von Phosphaten sorglich Bedacht genommen werden muß, um einer Aufnahme unverwerthbarer Phosphorsäure vorzubeugen, bezw. die durch die Salpeterdüngung verursachte Mehraufnahme an Phosphorsäure zu höchstmöglicher Ausnutzung zu bringen. Befolgt man diese Regel, so hat man keine Beraubung des Bodens durch Salpeterdüngung zu befürchten.

12. Welche Pflanzen können am wenigsten eine Phosphorsäuredüngung entbehren?

Wie wir unter 8 gesehen haben, giebt es Pflanzen (die sogenannten Leguminosen), welche einer Düngung mit leichtlöslichem Stickstoff in der Regel nicht bedürfen, Pflanzen, denen es so leicht ist, sich den nöthigen Stickstoff aus Boden und atmosphärischer Luft zu verschaffen, daß eine Salpeterdüngung unter normalen Verhältnissen nur wenig Eindruck auf sie macht — Kulturpflanzen aber, welche sich in gleicher Weise auch der Phosphorsäure gegenüber verhalten, sind bislang noch nicht mit Sicherheit gefunden worden.*)

So viel man bis jetzt erfahren hat, giebt es keine landw. Kulturpflanze, der es in Folge einer ihr eigenthümlichen Fähigkeit so leicht würde, sich Phosphorsäure aus dem Boden anzueignen, daß eine Düngung mit Superphosphat 2c. unter durchschnittlichen Bodenverhältnissen gar keine Aussicht auf rentabeln Erfolg hätte. Andererseits ist auch der Gehalt des Bodens an „disponibeler" Phosphorsäure durchweg ein so geringer, daß man als Regel den folgenden Satz gelten lassen darf:

Ueberall da, wo durch Anwendung künstlicher Düngemittel der Ertrag gesteigert werden soll, ist eine Düngung mit Phosphorsäure nicht zu entbehren.

Fälle, in denen man eine Kalidüngung entbehren kann, kommen weniger selten vor. Das Kali des Bodens ist den Pflanzen im allgemeinen leichter zugänglich, als die Phos-

---

*) Noch nicht zum Abschluß gekommene Versuche des Verfassers machen es wahrscheinlich, daß Lupinen und Buchweizen zu denjenigen Pflanzen gehören, welche die geringste Aussicht auf eine Rente der Phosphorsäuredüngung bieten.

phorsäure, und dazu kommt, daß in der Regel die Kulturböden, namentlich die „schwereren" unter ihnen, procentisch reicher an Kali sind als an Phosphorsäure.

Daß unter Umständen auch die Stickstoffdüngung entbehrt werden kann, haben wir schon unter 8 gesehen. Erbsen, Klee, Wicken, Lupinen ꝛc. bedürfen einer Düngung mit Stickstoff, wenigstens mit leichtlöslichem Stickstoff, nicht; aber auch Bodenverhältnisse, bezw. Düngungszustände des Bodens giebt es, unter welchen eine Stickstoffdüngung, wenigstens eine starke Düngung, nicht rentirt. Hat man frisch mit Stallmist gedüngt, so kann eine Phosphorsäuredüngung noch rentabel sein, eine Stickstoffdüngung aber schon seltener; oder sind „stickstoffsammelnde" Pflanzen gebaut worden, oder hat man es mit einem kalten, humusreichen, tiefgelegenen Boden zu thun, so wird es ebenfalls öfters vorkommen, daß eine Stickstoffdüngung — namentlich für Pflanzen, welche Neigung zur Reifeverzögerung haben, wie Rüben, Kartoffeln — unrationell ist.

Eine Phosphorsäuredüngung aber kann, wie gesagt, nur in seltenen Fällen entbehrt werden, und will man die Frage stellen, welche Pflanzen am wenigsten der Phosphorsäuredüngung entbehren können, so ist darauf die folgende Antwort zu geben.

Nach den bislang gewonnenen Erfahrungen sind es die Halmgewächse, die Wiesengräser, die kleeartigen Gewächse, die Erbsen, die Wicken und der Raps, welche eine Düngung mit Superphosphat am meisten und sichersten lohnen, eine Phosphorsäuredüngung also am wenigsten entbehren können, womit aber nicht gesagt sein soll, daß eine ausschließliche Phosphorsäuredüngung für diese Kulturpflanzen durchweg das Richtige sei; ich empfehle vielmehr,

der jetzt zur Besprechung kommenden Frage eine besondere Beachtung schenken zu wollen.

13. Welche Pflanzen brauchen nur mit Phosphorsäure gedüngt zu werden und welche verlangen daneben eine Stickstoff-, eventuell auch eine Kalidüngung?

Eine Beantwortung dieser Frage ergiebt sich im wesentlichen schon aus dem unter 8 und 11 Gesagten.

Wenn es nachgewiesen wurde, daß Klee, Wicken, Erbsen, Lupinen einer Düngung mit leichtlöslichem Stickstoff in der Regel entbehren können, der Phosphorsäuredüngung aber nicht, so folgt daraus, daß für die Düngung dieser Pflanzen Phosphorsäure und Kali als die wichtigsten Nährstoffe anzusehen sind, und daß unter Verhältnissen, in welchen man es mit kalireichen Böden zu thun hat, die Leguminosen nur mit Phosphorsäure gedüngt zu werden brauchen, um die höchstmöglichen Erträge zu liefern.

Aber auch nur die Leguminosen sind es, bei welchen eventuell eine ausschließliche Phosphorsäuredüngung rationell sein kann; alle übrigen Kulturpflanzen — so weit wenigstens bis jetzt Erfahrungen vorliegen — bedürfen meist einer Beidüngung von Stickstoff, um die Phosphorsäure zu voller Wirkung kommen zu lassen. Insbesondere dünge man die Halmgewächse und nach den Halmgewächsen auch die Hackfrüchte in der Regel nicht ausschließlich mit Phosphorsäure, sondern zugleich auch mit Stickstoffsalzen.

Welche Pflanzen es vorzugsweise sind, die neben einer Zugabe von Stickstoff auch noch eine Zugabe von Kali lohnen, ist eine noch nicht sicher beantwortete Frage — unrichtig aber ist es, wenn man glaubt, daß eine Kalidüngung am ehesten bei den Halmgewächsen entbehrt werden könnte. Ist der Boden

überhaupt kaliarm, so lohnen die Halmgewächse gerade so gut, ja möglicherweise noch viel mehr eine Kalidüngung als jedes andere Kulturgewächs.

Zur Begründung dessen seien aus meinen Versuchen die folgenden Ergebnisse mitgetheilt:

a) durch ausschließliche Kalidüngung wurde erhalten:
   bei Erbsen 0 % Mehrertrag gegen ungedüngt,
   „ Gerste 7 „ „ „ „
b) durch Kalidüngung neben Stickstoffdüngung wurde erhalten:
   bei Erbsen 0 % Mehrertrag gegen Stickstoffdüngung,
   „ Gerste 8 „ „ „ „
c) durch Kalidüngung neben Phosphorsäuredüngung wurde erhalten:
   bei Erbsen 21 % Mehrertrag gegen Phosphorsäuredüngung,
   bei Gerste 13 % Mehrertrag gegen Phosphorsäuredüngung,
d) durch Kalidüngung neben Phosphorsäure- und Stickstoffdüngung wurde erhalten:
   bei Erbsen 19 % Mehrertrag gegen Phosphorsäure- und Stickstoffdüngung,
   bei Gerste **35** % Mehrertrag gegen Phosphorsäure- und Stickstoffdüngung.

Hat man es also mit einem Boden zu thun, der eine Kalidüngung überhaupt zur Wirkung kommen läßt, so dünge man gerade die *Halmgewächse* mit recht viel Kali (60 bis 80 Kilo pro Hektar); was sie von dieser Düngung nicht verwerthen, das bleibt den Nachfrüchten aufgehoben, denen oft eine für die *Vorfrucht* gegebene Kalidüngung besser zusagt als eine *direkte* Düngung.

Ganz besonders empfehlenswerth scheint es zu sein, eine Kalibereicherung des Bodens — und zwar vorzugsweise des leichteren Bodens — durch Einstreuen von Kainit oder Krugit in die Ställe oder auf die Miststätte zu bewirken; man erzielt dadurch neben der Verhütung von Stickstoffverlusten zugleich die zweckmäßigste Vertheilung des Kalis im Boden.

14. Wie steht es mit der Rentabilität der Superphosphatdüngung?

Diese Frage wird fast allgemein in unrichtiger Weise beurtheilt. Man pflegt zu sagen: wenn beispielsweise eine Düngung von 30 ℔ Phosphorsäure 10 Mk. gekostet hat, und man in Folge dieser Phosphorsäuredüngung einen Mehrertrag von 1½ Ctr. Gerstekörner im Werthe von 12 Mk. und 3 Ctr. Gerstestroh im Werthe von 3 Mk. erzielt, so haben die Düngungskosten von 10 Mk. einen Werth von 15 Mk erbracht, oder es hat sich die Rentabilität der Superphosphatdüngung auf 50 % gestellt. Prüfen wir, ob man damit richtig geurtheilt hat.

Wir haben eine Düngung von 30 ℔ Phosphorsäure angenommen und einen durch diese Düngung hervorgebrachten Mehrertrag von 1½ Ctr. Körner und 3 Ctr. Stroh. Nun sind aber in diesem Mehrertrage nicht 30 ℔, sondern nur 3 ℔ Phosphorsäure enthalten, wir müssen also fragen: welchen Werth haben die noch im Boden verbliebenen 27 ℔ Phosphorsäure?

Gehen sie in einen schwerlöslichen Zustand über, so daß sie von den Pflanzenwurzeln eben so schwer aufgenommen werden als die in jedem, auch im ungedüngten Boden in großer Menge enthaltene Phosphorsäure, so haben sie nahezu

keinen Werth — bleiben sie aber „löslich“, so werden sie auch den Ertrag der Nachfrucht vermehren, und die Rentabilität der Phosphorsäuredüngung ist dann erheblich größer, vielleicht doppelt so groß, als wir sie oben aus dem Ergebniß der ersten Ernte berechnet haben.

Ich bin in der Lage, über diese Frage einige Versuchsresultate anführen zu können.

Im Frühjahr 1882 habe ich Erbsen mit steigenden Mengen von Phosphorsäure gedüngt. Die Erbsen wurden in der Blüthe geschnitten, die Vegetationsgefäße darauf sofort wieder — und zwar ohne daß die Düngung wiederholt wurde — mit Wicken und Hafer im Gemenge bepflanzt. Nachdem auch diese Pflanzen (Ende Oktober) grün geschnitten waren, wurden — ebenfalls ohne Wiederholung einer Düngung — im Frühjahr 1883 nochmals Erbsen eingesäet und diese im Juni geschnitten. Die Resultate dieser Versuche zeigt die folgende Zusammenstellung:

Düngung an Phosphorsäure pr. ha in Kilo:	Erträge (Ertrag von ungedüngt = 100 gesetzt) 1. Ernte 1882:	2. Ernte 1882:	3. Ernte 1883:
0	100	100	100
40	114	109	113
55	118	114	119
70	124	118	126
85	129	125	130
100	134	125	127
115	138	130	138

Aus diesen Zahlen berechnet sich, daß die Phosphorsäuredüngungen

bei der ersten Frucht nach der Düngung durchschnittlich 26 % Mehrertrag,

bei der zweiten Frucht nach der Düngung durchschnittlich
20 % Mehrertrag,
bei der dritten Frucht „ „ „ „
26 % Mehrertrag

hervorgebracht haben, und vergleicht man den Phosphorsäuregehalt der Ernte bezw. der Mehrerträge mit der in den Düngungen gegebenen Phosphorsäuremenge, so ist in den drei Ernten zusammengenommen eine Ausnutzung der Phosphorsäure zu annähernd 40 % bei jeder Düngung bewirkt worden.

Die einmal gegebenen Phosphorsäuredüngungen also haben bei drei aufeinanderfolgenden Kulturen, beziehungsweise zwei Jahre hintereinander die gleichen Mehrerträge hervorgebracht!

Gelten diese Resultate auch zunächst nur für den bei meinen Versuchen verwendeten kalkarmen Sandboden, und ist es auch wohl möglich, daß der nach der ersten Ernte im Boden verbleibende Rest der Phosphorsäuredüngung (der circa 90 % beträgt!) nicht so leichtlöslich bleibt, wenn der Boden kalkreich ist: so geht doch aus den Resultaten der Versuche unzweifelhaft hervor, daß die „Nachwirkung“ der Phosphorsäure nicht zu unterschätzen ist und daß die Rentabilität einer Phosphorsäuredüngung weit größer ist, als sie aus der ersten nach der Düngung erhaltenen Ernte sich berechnet. Will man ein zuverlässiges Urtheil über die Rentabilität einer Phosphorsäuredüngung gewinnen, so muß man die Wirkung einer einmal gegebenen Düngung 3 bis 4 Jahre lang verfolgen, und man wird dabei sicher zu dem Schluß kommen, daß die Rentabilität der Düngung reichlich doppelt so hoch ist, als sie aus dem bei der ersten Ernte gewonnenen Mehrertrage sich berechnet.

Ich erinnere daran, daß man in früheren Jahren fast überall in Rheinhessen keinen Klee bauen konnte, und daß erst nach allseitig eingeführter Düngung des Getreides mit Superphosphat der Kleebau rentabel geworden ist — ja, man hat die zuverlässige Beobachtung gemacht, daß in denjenigen Wirthschaften, in welchen durch reichliche Phosphorsäuredüngung die höchsten Körnerernten gemacht werden, auch die Kleefelder die höchsten Erträge geben.

Während bei einer Rentabilitätsberechnung der Düngung mit Stickstoffsalzen (Chilisalpeter, Ammoniaksalz) nur der bei der ersten Ernte erzielte Mehrertrag berücksichtigt werden darf — denn auf eine Nachwirkung der Stickstoffsalze ist in der Regel nur wenig zu rechnen — hat man also bei der Rentabilitätsberechnung einer Superphosphatdüngung die Wirkung der Phosphorsäure auch auf die zweite und dritte Frucht mit in Anschlag zu bringen. Man lasse sich von der Verwendung des Superphosphats daher nicht zurückschrecken, wenn etwa das auf die Düngung folgende Getreide nur die Düngungskosten deckt und keine Rente gewährt: der auf das Getreide folgende Klee oder eine andere Nachfrucht wird alsdann die Rente schon bringen.

Weitere Versuche zur Klärung der hochwichtigen und bislang erst so wenig geklärten Frage der „Nachwirkung" der Düngemittel werde ich in umfassendem Maße zur Ausführung bringen.

15. Hat die Phosphorsäuredüngung eine reifebeschleunigende Wirkung?

Ziemlich allgemein ist die Ansicht verbreitet, eine hervorragende Ernährung der Pflanzen mit Phosphorsäure beschleunige den Vegetationsprozeß, kürze die Vegetationsdauer der Pflanzen

ab, dränge zur Fruchtbildung hin, erhöhe die Wanderungsfähigkeit der organischen Substanz und begünstige damit die Bildung derjenigen Pflanzenprodukte, welche, wie die Samen, Knollen, Rüben ꝛc. aus zugewanderter organischer Substanz entstehen.

Diese Ansicht ist eine irrthümliche, wenigstens bedarf sie einer wesentlichen Umgestaltung.

Bei meinen mehrere hundert Einzelversuche umfassenden Arbeiten auf fraglichem Gebiet bin ich zu folgenden Schlüssen gekommen:

Man hat es bei dem Einfluß der Phosphorsäuredüngung auf die Pflanzen mit zweierlei Wirkungen zu thun. Die eine ist eine günstige, die Vegetation ungemein fördernde; sie äußert sich in einem dunkleren Grün, welches die mit Phosphorsäure gedüngten Pflanzen annehmen, in einer üppigen Entwickelung aller Pflanzentheile; sie zeigt sich keineswegs erst bei der Fruchtbildung und durch vermehrte Körnerbildung, wie man vielfach annimmt, sondern schon bei sehr jungen Pflanzen und zwar genau so früh, als eine Stickstoff- oder Kalidüngung sich zu erkennen giebt.

Eine andere Wirkung der Phosphorsäuredüngung aber besteht darin, daß die Blätter derjenigen Pflanzen, welche verhältnißmäßig viel Phosphorsäure aufgenommen haben, eine kürzere Lebensdauer besitzen, sie hören früher auf zu funktioniren. Diese Wirkung der Phosphorsäure ist als eine Nebenwirkung zu bezeichnen; sie ist verschieden von dem pflanzenernährenden Einfluß derselben, denn sie zeigt sich nur bei relativ phosphorsäurereicher Düngung und vermindert sich wesentlich, sobald der Pflanze neben viel Phosphorsäure zugleich auch so viel Kali und Stickstoff geboten wird, als ihrer normalen Ernährung entspricht.

Als eine die Vegetation fördernde kann die gedachte Nebenwirkung überwiegender Phosphorsäureaufnahme nicht angesehen werden, denn ein günstiger Einfluß auf die Produktion organischer Substanz durch Abkürzung der Thätigkeitsdauer der Ernährungsorgane der Pflanzen ist nicht denkbar; weit eher ist ein nachtheiliger Einfluß daraus zu erwarten. Und in der That ist es ja überall bekannt, daß bei einseitiger starker Phosphorsäuredüngung und insbesondere bei trockener heißer Witterung die Halmfrüchte der Gefahr des „Verbrennens" ausgesetzt sind, d. h. einer unvollkommenen Fruchtbildung, einer Frühreife der Körner, die aber nicht, wie man vielfach annimmt, durch eine den gesammten Vegetationsprozeß beschleunigende Wirkung der Phosphorsäure, sondern vielmehr durch ein vorzeitiges anormales Absterben der Blätter hervorgerufen zu werden scheint. Wenn die gedachte Wirkung der Phosphorsäure eine den gesammten Vegetationsprozeß der Pflanzen beschleunigende wäre, so hätte auch die Blüthe bei den „Phosphorsäure-Pflanzen" früher eintreten müssen als bei den nicht mit Phosphorsäure gedüngten. Dies war jedoch nicht der Fall; ich habe bei meinen Versuchen niemals einen Einfluß irgend welcher Düngung auf den Eintritt der Blüthe beobachten können.

Vorwiegende Phosphorsäuredüngung beschleunigt also den gesammten Vegetationsprozeß nicht; sie scheint vielmehr eine Schwerbeweglichkeit der wanderungsfähigen Pflanzenstoffe zu bewirken*), welche die Ernährungsorgane vorzeitig zur Un-

---

*) Bei stark mit Phosphorsäure gedüngten Erbsen fand sich eine erhebliche Vermehrung des prozentischen Gehaltes an Phosphorsäure und Proteïn im Stroh, eine Abnahme in den Körnern; phosphorsäurefreie Düngungen von Salpeter und Kali dagegen erzeugten die phosphorsäurereichsten Körner und das phosphorsäureärmste Stroh.

thätigkeit, zum frühen Abschluß ihrer Funktionen kommen läßt und namentlich in einer Neigung der Blätter sich äußert, verhältnißmäßig früh die stoffbildende Thätigkeit einzustellen.

Kann man sich nun auch, wie es oben ausgesprochen wurde, aus dieser eigenthümlichen Nebenwirkung der Phosphorsäure (deren weitere Aufklärung eine Aufgabe der Pflanzenphysiologen bleibt) keinen fördernden Einfluß auf die Produktion organischer Substanz denken; muß man bei extremen Witterungsverhältnissen vielmehr fürchten, daß in Folge jener Wirkung die Pflanzenorgane absterben, bevor eine regelrechte Fruchtreife stattgefunden hat, und muß man deßhalb darauf bedacht sein, durch genügende Beidüngung mit Stickstoff und Kali jene Wirkung möglichst abzuschwächen: so ist es doch eben so gewiß, daß man unter Umständen praktische Vortheile aus der „reifebeschleunigenden“ Wirkung der Phosphorsäure ziehen kann. Wir haben hier insbesondere an die Düngung der Zuckerrüben zu denken, bei welcher man starke Phosphorsäuregaben hauptsächlich zu dem Zweck verwendet, eine möglichst zeitige und ungestörte „Reife“ der Rüben zu sichern. Auch will man ein früheres und vollkommeneres Ausreifen des Rebholzes nach vorwiegender Phosphorsäuredüngung beobachtet haben.

16. Ist durch Phosphorsäuredüngung der Körnerertrag einseitig zu vermehren?

Diese Frage muß ich auf Grund meiner Versuche wie folgt beantworten:

Wenn den Pflanzen eine überwiegend stickstoffreiche Nahrung geboten wird und sie dadurch zu üppiger Zellenbildung

veranlaßt werden, es aber an Phosphorsäure fehlt, um proteïnreichen Zellinhalt zu bilden, ohne welchen ja eine normale Entwickelung der Frucht nicht möglich ist: so ist es selbstverständlich, daß eine Zufuhr von Phosphorsäure unter solchen Verhältnissen im Stande ist, die ganze Entwickelung der Pflanzen und damit auch die Fruchtbildung in normale Bahnen zurückzulenken, wobei dann allerdings eine einseitige Vermehrung des Körnerertrages als das Resultat der Phosphorsäuredüngung erscheint. Hieraus aber auf einen spezifischen Einfluß der Phosphorsäure auf die Samenbildung schließen zu wollen, wäre unrichtig. Ueberall da, wo in Folge mangelnder Phosphorsäure das Stroh anormal die Körner überwiegt, da wird eine Phosphorsäuredüngung den Körnerertrag so lange einseitig vermehren, bis das normale Verhältniß zwischen Stroh und Körnern wieder hergestellt ist. Darüber hinaus aber wird die Phosphorsäure den Körnerertrag nicht einseitig steigern; sie wird nicht im Stande sein, das Verhältniß zwischen Stroh und Körnern derart zu verändern, daß die Körner anormaler Weise überwiegen — im Gegentheil: erhält die Phosphorsäure ein großes Uebergewicht, so wird, wie meine Versuche ergeben haben, die Fruchtbildung in quantitativer und qualitativer Beziehung ungünstig beeinflußt.*)

Sind es gerade die Halmgewächse, welche in hervor-

*) In großem Ueberschuß gegebene Phosphorsäuredüngung verminderte erheblich den Körnerertrag, kaum merklich dagegen den Ertrag an Stroh:

Düngung an Phosphorsäure: pr. ha in Kilo:	Ertrag an Körnern:	Ertrag an Stroh:
150	100	100
300	90	100
450	84	98

ragender Weise ein spezifisches Düngebedürfniß für Phosphorsäure zeigen, so kann solches eben so gut auf ein Bedürfniß nach möglichst reichlicher Phosphorsäureernährung während der frühesten Vegetationszeit zurückgeführt werden, als auf einen spezifischen Einfluß der Phosphorsäure auf die Körnerbildung.

Also nicht nur die Körnererträge, sondern zugleich auch die Stroherträge werden nach einer Phosphorsäuredüngung in normalem Verhältniß zu einander gesteigert werden, falls man es nicht mit Ausnahmeverhältnissen zu thun hat.

17. In welchem Verhältniß erhöht sich der Mehrertrag mit gesteigerter Phosphorsäuredüngung?

Wenn nach einer Düngung von 30 Kilo Phosphorsäure pro Hektar etwa 300 Kilo Korn mehr geerntet werden als ohne Phosphorsäuredüngung — werden dann, wie die Rechnung es ergiebt, nach einer Düngung von 40, 50, 60 Kilo Phosphorsäure 400, 500, 600 Kilo Mehrertrag gewonnen, oder wird der Mehrertrag nicht in gleichbleibendem, sondern in abnehmendem Verhältniß zu einer steigenden Phosphorsäuredüngung stehen?

Ueber diese so ungemein wichtige Frage geben die landwirthschaftlichen Lehrbücher keine Antwort, und in der Praxis ist man verschiedener Meinung darüber; bald sagt man: erst der zweite Centner Superphosphat pro Morgen bringe eine ordentliche Rente — bald glaubt man, eine kräftigere Düngung wirke verhältnißmäßig weniger als eine schwächere.

Da also über die in Rede stehende Frage bislang nichts weiter vorlag als eine Anzahl sich widersprechender praktischer Erfahrungen, habe ich dieselbe durch eine größere Reihe exakt

ausgeführter und sorgfältig kontrolirter Versuche zu prüfen gesucht und bin dabei zu folgenden Resultaten gelangt:

Angewendete Düngung an Phosphorsäure pro ha Kilo	Auf 100 Th. Ertrag bei ungedüngt wurden durch die Phosphorsäuredüngung erzielt (Mittel aus je 10 Parallelversuchen):	Auf 100 Kilo Phosphorsäure berechnet, ist ein Ertrag erzielt worden von:
40	114,3	135,7
55	118,3	133,3
70	123,8	134,0
85	129,4	134,6
100	133,8	133,8
115	138,0	133,0.

Mit überraschender Uebereinstimmung zeigen diese Ergebnisse, daß mit einer steigenden Düngung der Mehrertrag in gleichbleibendem Verhältniß zunimmt, so daß also, wenn 30 Kilo Phosphorsäure einen Mehrertrag von 300 Kilo Körner bewirken, nach Düngungen von 40, 50, 60 Kilo Phosphorsäure der Mehrertrag auf 400, 500, 600 Kilo steigt und in demselben Verhältniß fort, so lange die Phosphorsäuredüngung noch zu voller Wirkung kommen kann.

Fragen wir nun: gilt diese Regel für alle Verhältnisse, wie der praktische Ackerbau sie bietet, oder kommen Ausnahmen von derselben vor?

Um hierauf eine Antwort zu finden, hat man sich daran zu erinnern, daß die Wirkung der Phosphorsäure in hohem Grade gehemmt werden kann durch Mangel an Bodenfeuchtigkeit, sowie überhaupt durch Mangel an anderen Wachsthumsfaktoren, und wenn man erwägt, daß, je stärker die Düngung bezw. die Wirkung der Düngung ist, um so mehr auch die hemmenden Einflüsse mangelnder Feuchtigkeit 2c. sich im Ver-

hältniß zu jener Wirkung fühlbar machen müssen, so gelangt man nach eingehender — hier nicht weiter auszuführender — Ueberlegung*) zu folgendem Schluß:

Mit gesteigerter Phosphorsäuredüngung vermehrt sich der Ertrag in stets gleichbleibendem Verhältniß so lange, als die Phosphorsäure überhaupt zu voller Wirkung kommen kann, bezw. so lange, als alle übrigen Ertragsfaktoren sich im relativen Ueberschuß befinden. Wird die Phosphorsäure aber durch eintretenden Mangel an andern Pflanzennährstoffen oder an sonstigen Wachsthumsfaktoren, namentlich durch Mangel an Bodenfeuchtigkeit, dauernd oder vorübergehend in ihrer Wirkung gehemmt, oder treten gar Witterungsverhältnisse (große Dürre und Hitze) ein, bei welchen die Phosphorsäure eine nachtheilige Nebenwirkung auf die Pflanzen ausüben kann, so steht der Mehrertrag in abnehmendem Verhältniß zur gesteigerten Phosphorsäuredüngung, und zwar ist die Abnahme um so größer, je öfter, je anhaltender und je intensiver einerseits die hemmenden oder störenden Einflüsse auftreten und je phosphorsäurereicher andererseits die den Pflanzen gegebene Nährstoffmischung ist.

Für die Praxis der Düngung ergeben sich hieraus die folgenden Sätze.

1. Je mehr der Boden geeignet ist, etwa eintretende ungünstige Witterungsverhältnisse (große Trockenheit wie große Nässe) einerseits durch genügende wasserhaltende Kraft, andererseits durch genügende Lockerheit und Durchlässigkeit in ihrer Wirkung abzuschwächen, um so sicherer kann man darauf rechnen, daß stärkere Phosphorsäuredüngungen in dem gleichen Verhältniß den Mehrertrag steigern als geringere, mithin

---

*) Siehe Landw. Jahrbücher 1883. S. 694 u. ff.

einen entsprechend höheren Reinertrag bewirken als diese.

2. Je weniger der Kulturboden eine „mittlere“ physikalische Beschaffenheit besitzt, je mehr er eine extreme Beschaffenheit hat (allzu trocken oder allzu naß ist), um so vorsichtiger muß man mit Phosphorsäuredüngungen sein, um so mehr muß man darauf Bedacht nehmen, einerseits durch kräftige Beidüngung mit Stickstoff und Kali die nachtheiligen Nebenwirkungen der Phosphorsäure abzuschwächen oder ganz aufzuheben, andererseits durch Humusbereicherung des Bodens (Stallmist, Torf, Gründüngung), Tiefkultur, Drainage &c. den Boden für kräftigere Phosphorsäuredüngungen geeigneter zu machen und damit einen höheren Reingewinn zu ermöglichen.

18. Ist durch Phosphorsäuredüngung der Proteïngehalt des Futters zu vermehren?

Ohne daß man schon zu völliger Klarheit über diese Frage gelangt wäre, darf man es doch als in hohem Grade wahrscheinlich erachten, daß die Phosphorsäure in sehr naher Beziehung zur Bildung der stickstoffhaltigen Pflanzenbestandtheile, des sogenannten Proteïns (Pflanzeneiweiß) steht. Proteïnreiche Pflanzen sind immer relativ reich an Phosphorsäure, und mit dem Proteïn sehen wir stets zugleich auch die Phosphorsäure von dem einen Pflanzenorgan in das andere wandern. Es kann daher nicht Wunder nehmen, daß — wie es thatsächlich nachgewiesen worden ist — die auf phosphorsäurearmen Böden wachsenden Pflanzen eine proteïnärmere Erntemasse liefern als die auf phosphorsäurereichen Boden wachsenden, und daß es mithin gelingen muß, durch Düngung mit Phosphorsäure den Proteïngehalt der Pflanzen zu erhöhen.

Als Beispiele führe ich an, daß bei meinen Versuchen der Proteïngehalt der lufttrockenen Erntemasse durch Einwirkung von Phosphorsäuredüngung gesteigert wurde:

bei Erbsen, in der Blüthe geschnitten, von 15,9% auf 16,7% und 17,3%

bei Erbsenstroh von 6,2% auf 7,4% und 7,8%,

bei Buchweizen, in der Blüthe geschnitten, von 10,5% auf 13,2%.

Man sieht also, daß der Einfluß der Phosphorsäuredüngung auf den Ertrag nicht nur ein quantitativer, ein die Erntemasse vermehrender, sondern auch ein qualitativer ist, indem der Gehalt an stickstoffhaltigen Nährstoffen sich vermehrt.

Zu bemerken ist hierbei jedoch, daß eine Erhöhung des Proteïngehaltes durch reichliche Ernährung mit Phosphorsäure nur für Stroh und Grünpflanzen, nicht aber für die Körner und Samen gilt. So gewiß die Phosphorsäure die Ansammlung von Proteïn in den Pflanzen begünstigt, so wahrscheinlich ist es anderseits auch, daß die Wanderungsfähigkeit des Proteïns durch die Phosphorsäure nicht gefördert, sondern erschwert wird, und die Samen — welche ja aus zugewanderten Stoffen entstehen — in Folge dessen nicht proteïnreicher, sondern sogar proteïnärmer sein müssen, wenn mit einem großen Ueberschuß von Phosphorsäure gedüngt worden ist.

Man sieht dies aus folgenden Resultaten:

Düngung an Phosphorsäure pro ha	Proteïngehalt des Erbsenstroh:	der Erbsenkörner:
150 Kilo	6,4%	24,5%
300 „	7,4 „	24,0 „
450 „	7,8 „	22,1 „

Eine wenn auch nicht erhebliche Abnahme an Proteïn in den Körnern und Zunahme an Proteïn im Stroh mit einer

Steigerung der Phosphorsäuredüngung ist aus vorstehenden Zahlen nicht zu verkennen; doch ist die Abnahme von Proteïn in den Körnern zunächst nur physiologisch interessant, für die Praxis hat sie wahrscheinlich nur geringe Bedeutung, indem eine so intensive Phosphorsäureernährung der Pflanzen, wie sie zur Herabminderung des Proteïngehaltes in den Körnern erforderlich zu sein scheint, wohl nur selten in der Praxis vorkommen wird.

Nach Allem, was man bis jetzt über die in Rede stehende Frage weiß, gilt für die Durchschnittsverhältnisse der landwirthschaftlichen Praxis der folgende Satz:

Die Phosphorsäuredüngung vermag den Proteïngehalt des Strohes und der Grünpflanzen zu erhöhen; auf den Proteïngehalt der Körner und Früchte dagegen übt sie keinen bemerkenswerthen Einfluß, sobald nicht besondere, die Phosphorsäurewirkung begünstigende Verhältnisse auftreten. Im letzteren Fall bewirkt die Phosphorsäuredüngung eine Verminderung des Proteïngehaltes der Körner.

19. Wirkt feinkörniges oder grobkörniges Superphosphat am besten?

Es ist allgemein bekannt, daß die Aufnahme der Pflanzennährstoffe seitens der Wurzeln einestheils dadurch geschieht, daß das Bodenwasser die Stoffe löst und sie den Wurzeln zuführt, anderseits aber dadurch, daß die Wurzelfasern in direkte Berührung mit den ungelöst im Boden enthaltenen Nährstoffverbindungen treten und selbstthätig die Lösung und Aufnahme derselben bewirken.

Die denkbar günstigsten Bedingungen für eine reichliche Aufnahme der durch die Düngung gegebenen Phosphorsäure müßten demnach vorhanden sein, wenn letztere entweder in der

Bodenfeuchtigkeit sich aufgelöst befindet, oder aber eine so weitgehende Vertheilung erhalten hat, daß jede Wurzelfaser mit ihr in unmittelbare Berührung kommt, so daß man den folgenden Satz aufstellen könnte:

Mit dem Vertheilungsgrade der Phosphorsäure im Boden wächst deren Wirksamkeit.

Ich führe die Resultate einiger Versuche an, welche für die Richtigkeit dieses Satzes sprechen. Die Versuche wurden mit Erbsen ausgeführt, und die Phosphorsäuredüngung wurde einerseits in Form von staubfeinem gefälltem Kalkphosphat, andererseits in Form von „knollenförmigem“ Phosphat (2—3 mm Durchmesser), welches aus dem staubfeinen Präparat durch Anfeuchten, Absieben und darauf erfolgtem Trocknen hergestellt war und natürlich den gleichen Phosphorsäuregehalt wie jenes hatte, gegeben.

Die Versuchsresultate ersieht man aus der folgenden Zusammenstellung:

Nr.	Düngung an Phosphorsäure pr. ha Kilo	Auf 100 Theile Erntemasse bei ungedüngt (Vers. 1) wurde erhalten: durch staubförm. Phosphat	durch knollenförm. Phosphat
1	0	100	100
2	25	120	103
3	50	130	111
4	85	144	133
5	100	149	135
6	125	161	145
7	150	169	142
	Mittel aus 2—7	= 145	= 128.

Man sieht aus diesen Zahlen auf das deutlichste, in wie erheblichem Maße mit der größeren Vertheilung der Phos-

phorsäure deren Wirksamkeit sich erhöht hat. Das Gleiche bestätigen die folgenden, im Sommer 1883 ausgeführten Versuche, bei welchen als Versuchspflanze das ital. Raygras und als Phosphorsäuredünger gefälltes Kalkphosphat in verschiedener Knollengröße diente.

Nr.	Düngung an Phosphorsäure pr. ha Kilo:	Durchmesser der Phosphatknollen in mm.	Setzt man den durch Phosphorsäuredüngung erzielten Mehrertrag des Versuchs 1 (staubfeines Phosphat) = 100, so wurde an Erntemasse erhalten:
1	70	staubfein	100
2	70	0,5—1	92
3	70	1—2	64
4	70	2—3	44
5	70	3—4	37

Also auch diese Versuche zeigen, wie mit dem größeren Durchmesser der Knollen, bezw. mit der geringeren Vertheilung der Phosphorsäure im Boden der Mehrertrag in sehr erheblichem Maße abnimmt.

Fassen wir aber jetzt den oben aufgestellten Satz: „mit dem Vertheilungsgrade der Phosphorsäure im Boden wächst deren Wirksamkeit", einmal schärfer ins Auge und überlegen es uns, ob dieser Satz auch unter extremen Verhältnissen seine Gültigkeit hat, d. h. ob er auch dann richtig bleibt, wenn die Phosphorsäure eine so unendlich feine Vertheilung erhält, wie sie dieselbe in einem mit Superphosphat gedüngten fast kalkfreien Sandboden annehmen kann.

Die oben erwähnten Versuche wurden mit gefälltem Kalkphosphat ausgeführt, dessen Phosphorsäure in Wasser unlöslich ist, dessen Verbreitungsfähigkeit im Boden also gleich Null ist und dessen Vertheilung in der Ackerkrume nur in dem Maße des Feinheitsgrades des gedachten Düngemittels erfolgt.

Ganz anders verhält sich nun aber die „wasserlösliche“ Phosphorsäure des Superphosphates im Boden. Düngt man einen sehr kalkarmen Sandboden mit Superphosphat, so wird, sobald ein kräftiger Regen fällt, die Phosphorsäure des Superphosphates sich lösen, sie wird dem Lauf des Regenwassers folgen und — da dieser Boden sowohl vom Wasser als auch von der Phosphorsäure nur wenig festzuhalten vermag, eine große Verbreitung, eine starke Verdünnung im Boden erleiden. Ist dies nun günstig für ihre Aufnahmefähigkeit durch die Pflanzenwurzeln oder ungünstig?

Ungünstig scheint dies auf den ersten Blick nicht zu sein, denn der Chilisalpeter besitzt ja eine noch weit größere Verbreitungsfähigkeit im Boden, und er wirkt trotzdem so überaus schnell und kräftig. Bei näherer Ueberlegung aber wird man einen tiefgreifenden Unterschied zwischen dem Verhalten des Chilisalpeters und dem der Phosphorsäure im Boden erkennen, denn wenn auch beide die große Verbreitbarkeit im (kalkarmen) Boden mit einander gemein haben, so unterscheiden sie sich doch wesentlich dadurch von einander, daß der Salpeter gar nicht der Absorptionsfähigkeit des Bodens unterliegt, mithin freibeweglich bleibt, während die durch das Regenwasser weithin im Boden verbreitete Phosphorsäure nicht freibeweglich bleibt, sondern durch den wenn auch nur in geringer Menge vorhandenen Kalk (wie durch Eisenoxyd und Thonerde) allmählich gebunden wird. Findet nun in Folge der Wasserverdunstung durch die oberirdischen Pflanzentheile von allen Punkten des Bodens aus eine Feuchtigkeitsströmung zu den die Wurzeln berührenden Bodentheilen statt, so folgt der Salpeter dieser Strömung; aus dem verdünnten Zustande geht er wieder in einen concentrirten über, und in seiner ganzen Menge stellt er sich den Pflanzen zur Verfügung, wäh-

rend dagegen die Phosphorsäure jener Strömung nicht folgen kann, sie wird vom Kalk 2c. gehalten, und nur derjenige Bruchtheil derselben stellt sich den Pflanzen zur Verfügung, welcher in unmittelbare Berührung mit den Wurzeln tritt oder im Bodenwasser gelöst geblieben bezw. wieder aufgelöst worden ist.

Wenn man nun erwägt, daß, je größer die Vertheilung der Phosphorsäure ist, um so mehr Phosphattheilchen einer direkten Berührung mit Wurzelfasern entgehen werden, so scheint es durchaus noch nicht eine so ausgemachte Sache zu sein, daß der höchstmögliche Vertheilungsgrad der Phosphorsäure stets die günstigsten Bedingungen für die Aufnahme derselben durch die Pflanzenwurzeln darbietet; insbesondere bei der Düngung sehr kalkarmen Sandbodens mit Superphosphat liegt die Vermuthung nahe, daß die Vertheilung der Phosphorsäure leicht eine zu weitgehende werden kann, und daß ein gröberes Korn des Superphosphates vielleicht günstigere Verhältnisse darbietet als die staubfeine Pulverform desselben. In der That habe ich diese Vermuthung durch meine Versuche bestätigt gefunden.

Es wurden in sehr kalkarmen Sandboden Erbsen gezogen, welche einerseits mit feinpulverigem, andererseits mit gröberem ($1^1/_2$—2 mm Durchmesser) Superphosphat gedüngt waren. Die Resultate waren wie folgt:

Nr. des Versuchs.	Düngung an Phosphorsäure pr. ha in Kilo:	Ertrag an Trockensubstanz: a) bei feinpulverigem Superphosphat: g	b) bei gröberem Superphosphat: g
1	0	71,00	71,00
2	40	79,64	86,06
3	55	86,62	91,80
4	70	87,12	96,58
5	85	90,76	99,30

Setzt man die bei feinpulverigem Superphosphat erzielten Mehrerträge gegen ungedüngt (Vers. 1) = 100, so wurde durch das gröbere Superphosphat erhalten: 166.

Die oben ausgesprochene Vermuthung, daß mit dem Grade der Vertheilung der Phosphate im Boden die Wirkung der Phosphorsäure nicht stets und unter allen Umständen Schritt halten werde, haben die Versuche also bestätigt, und ich halte es für dringend erwünscht, daß über diese so sehr wichtige Frage weiter geforscht werde. Erinnert mag daran werden, daß aus der landw. Praxis bereits öfters Urtheile laut geworden sind, welche dem gröberen Korn des Superphosphates für leichte kalkarme Böden den Vorzug geben.

Einer weiteren Besprechung dieser noch so wenig geklärten und überaus schwierigen Frage, bei welcher nicht nur die verschiedene Beschaffenheit des Bodens, sondern auch die verschiedene Bewurzelung der Kulturpflanzen und ihre verschieden große Fähigkeit der Aneignung von Bodennährstoffen in Betracht zu ziehen ist, glaube ich mich enthalten zu sollen, bis weitere Forschungsresultate vorliegen, die ich auch bald erbringen zu können hoffe. So weit jedoch meine Versuche bis jetzt zum Abschluß gekommen sind, darf ich sagen, daß für die Düngung der Halmgewächse auf thon- und kalkreicheren Bodenarten dem **feinst**gepulverten Superphosphat unbedingt der Vorzug zu geben ist.

20. Was ist Thomasschlacke?

Die Thomasschlacke ist ein Nebenprodukt der Entphosphorung des Roheisens. Um das Roheisen zu Stahl oder Schmiedeeisen zu verarbeiten, ist es nothwendig, daß der in demselben enthaltene Phosphor entfernt werde, und dies geschieht nach dem jetzt gebräuchlichen „Thomas-Verfahren“ in

der Weise, daß man das Eisen mit einem Zusatz von gebranntem Kalk schmilzt, in die geschmolzene Masse atmosphärische Luft leitet, wodurch der Phosphor des Eisens zu Phosphorsäure verbrennt und diese sich mit dem zugefügten Kalk zu phosphorsaurem Kalk verbindet. Der so entstandene phosphorsaure Kalk geht in die Schlacken über, welche auf der Oberfläche des geschmolzenen Eisens sich sammeln und nach beendetem Prozeß abgegossen werden.

Man nennt diese Schlacken „Thomasschlacken"; sie stellen schwarze mit Eisentheilen untermischte blasige Massen von hohem spezifischen Gewicht dar. Unter Aussonderung der Eisenstücke werden sie zerkleinert, gesiebt, feingemahlen und kommen in dieser Form als „Thomasschlackenmehl" auf den Düngermarkt.

Im Mittel enthält das Schlackenmehl:

16 % Phosphorsäure,
50 „ Kalk (davon 20 % als Aetzkalk, gebrannter Kalk, vorhanden),
12 „ Eisenoxyd und Eisenoxydul,
7 „ Kieselsäure.

Der Gehalt an Phosphorsäure schwankt bei dem bisher in den Handel gekommenen Mehl zwischen 14 und 20 %, so daß der Consument nicht ohne Garantieforderung für einen bestimmten Gehalt und nicht ohne Controluntersuchung der erhaltenen Waare das Thomasschlackenmehl kaufen darf.

Unter dem Namen „Patentphosphatmehl" wird ein Schlackenmehl verkauft, welches aus „angereicherter" Thomasschlacke (Patent Scheibler) hergestellt ist, 24—25 % Phosphorsäure enthält, im übrigen aber von dem gewöhnlichen Schlackenmehl sich nicht wesentlich unterscheidet.

21. Ist die Anwendung von Thomasschlacke zu empfehlen und wie ist die Düngung auszuführen?

Diese Frage ist noch nicht zum Abschluß gebracht; soviel man aber aus den bislang gemachten Erfahrungen urtheilen kann und soweit die von mir ausgeführten Versuche genügend zuverlässige Resultate ergeben haben, lassen sich die folgenden Sätze aufstellen:

a) Wenn man 3 Kilo Phosphorsäure in Form von feingemahlener Thomasschlacke zu dem gleichen Preise kaufen kann wie ein Kilo löslicher Superphosphat-Phosphorsäure, so ist es vortheilhaft, das Schlackenmehl an Stelle des Superphosphats zu verwenden. Unter „feingemahlener“ Schlacke ist ein Mehl verstanden, welches in einem Sieb von 0,25 mm weiten rundgebohrten Oeffnungen nicht mehr als 5 bis 10 % Rückstand hinterläßt.

b) Die Düngewirkung der Thomasschlacke ist in hohem Maße abhängig von ihrem Feinheitsgrade. Schlackenmehl, dessen Körner einen kleineren Durchmesser als 0,2 mm hatten, zeigten bei meinen Versuchen eine dreimal so große Düngewirkung als ein solches, dessen Körnung auf 0,2 bis 0,4 mm gestellt war. Beim Ankauf von Thomasschlacke ist es daher unbedingt erforderlich, daß ein bestimmter Feinheitsgrad derselben ausbedungen werde und daß man mit einer Probe der empfangenen Waare eine Siebprüfung ausführen lasse.

c) Die Schlackenmehldüngung ist am meisten auf Moorboden, Wiesenboden, Sandboden und allen kalkarmen Bodenarten zu empfehlen; sie übt, soviel man bis jetzt weiß, eine geringere Wirkung auf sehr kalkreichem Boden aus.

d) Die Schlackenmehldüngung hat besonders da eine große Bedeutung, wo man für eine auf mehrere Jahre hinaus

dauernde Wirkung der Phosphorsäuredüngung zu sorgen hat. Bei der Anlage von Wiesen und mehrjährigen Futterfeldern wird das Schlackenmehl vortreffliche Dienste leisten, indem dasselbe es ermöglicht, einen für den Bedarf mehrerer Jahre ausreichenden Vorrath von Phosphorsäure in den Boden zu bringen, ohne daß — wie es bei so reichlicher Superphosphatdüngung geschehen würde — die Phosphorsäure im ersten Jahr eine zu starke Wirkung ausübt.

e) Man bringe von der Schlackenphosphorsäure 3mal so viel in den Boden, als man von der Superphosphat-Phosphorsäure angewendet haben würde, und streue die Thomasschlacke möglichst früh aus. Die Herbstdüngung wird im allgemeinen besser wirken als die Frühjahrsdüngung. Wiesen dünge man im Dezember mit Schlackenmehl, Weinberge im Herbst, und es ist möglich, daß es sich empfehlen wird, auch die erst im Frühjahr zu bestellenden Aecker schon im Herbst oder Winter mit Schlackenmehl zu bestreuen, damit Witterungseinflüsse (Wasser, Frost, Sauerstoff und Kohlensäure) das Schlackenphosphat möglichst zersetzen. Dies ist jedoch nur eine Vermuthung, deren Richtigkeit erst geprüft werden muß.

f) Bei Düngungsversuchen mit Schlackenmehl vergesse man nicht, daß ausschließliche Anwendung von Phosphorsäure nur in den seltensten Fällen eine rentable Wirkung äußert. Eine Beidüngung mit genügenden Mengen von Stickstoff oder Kali, eventuell von beiden Nährstoffen, ist fast immer erforderlich, um die Phosphorsäure — sei sie als Superphosphat- oder als Schlacken-Phosphorsäure gegeben — zur vollen Wirkung zu bringen.

g) Soll neben der Thomasschlacke schwefelsaures Ammoniak zur Anwendung kommen, so dürfen nicht beide Düngemittel im Gemenge ausgestreut werden, indem der freie Kalk des

Schlackenmehls Ammoniak frei machen und somit einen Stickstoffverlust herbeiführen würde. Mit Chilisalpeter und Kalisalzen kann die Thomasschlacke vermischt werden, ohne daß man Verluste oder Werthverminderungen zu befürchten hat, es bleibt aber zu berücksichtigen, daß solche Mischungen sehr bald zusammenballen und leicht erhärten, so daß es sich — auch der besseren Vertheilung wegen — wohl am meisten empfiehlt, die Thomasschlacke stets unvermischt auszustreuen.

22. Welchen Werth hat die „gefällte“ bezw. „zurückgegangene“ Phosphorsäure der Düngemittel?

Seit einigen Jahren hat sich die Düngerindustrie der Fabrikation des „gefällten Kalkphosphats“ und des „Thomaspräcipitats“ in beachtenswerthem Maße zugewendet. Knochen, welche zur Leimfabrikation bestimmt sind, Phosphorite, welche zu wenig Phosphorsäure enthalten, als daß sie zur Superphosphatfabrikation direkt verwendet werden könnten, Thomasschlacken und sonstige phosphorsäurehaltige Materialien werden mit Salzsäure extrahirt, der saure Auszug wird mit Kalk versetzt, worauf ein Niederschlag von phosphorsaurem Kalk entsteht, welchen man absetzen läßt, in Filterpressen bringt, zu einem staubförmigen Pulver trocknet und als „Präcipitat“ in den Handel bringt.

Die Verbindungsform, in welcher sich die Phosphorsäure im Präcipitat befindet, ist derjenigen ähnlich, welche bei der Berührung der wasserlöslichen Phosphorsäure des Superphosphates mit dem Kalk des Ackerbodens entsteht, mithin ist anzunehmen, daß die Phosphorsäure des gefällten Kalkphosphates den gleichen Düngewerth hat als die in Wasser lösliche Phosphorsäure des Superphosphates.

In der That ist die Richtigkeit dieser Annahme durch meine Versuche bestätigt worden: die Phosphorsäure des gefällten Kalkphosphates bewirkte bei Erbsen, Hafer und Gerste sowohl auf Sandboden als auch auf Kalkboden und kalkreichem Lehmboden fast genau den gleichen Mehrertrag als die gleiche Menge wasserlöslicher Phosphorsäure.

Aber nicht jedes in den Handel kommende Präcipitat enthält die Phosphorsäure in so leichtlöslicher Form, daß sie mit der wasserlöslichen der Superphosphate gleichwerthig ist. Wurde beim Fällen des Präcipitates ein Ueberschuß von Kalk angewandt, oder wurde der Niederschlag bei zu hoher Temperatur getrocknet, so enthält das Präcipitat eine Phosphorsäure, welche erheblich schwerer löslich und damit weniger wirksam ist als die eines mit großer Vorsicht hergestellten Fabrikates.

Ich habe einige aus verschiedenen Fabriken bezogene Präcipitate auf den Löslichkeitsgrad ihrer Phosphorsäure untersucht und dabei das Folgende gefunden:

Von 100 Theilen der Gesammt-Phosphorsäure waren in citronensaurem Ammoniak löslich:

Kalkpräcipitat ohne Kalküberschuß gefällt	91 %,
„ mit „ „	56 „
Thomaspräcipitat, bezogen aus M. . .	91 „
„ „ „ D. . .	42 „
„ getrocknet bei Zimmertemperatur	96 „
Thomaspräcipitat, getrocknet bei 100^0 C.	73 „
„ „ „ 120^0 C.	64 „ .

Es ist selbstverständlich, daß bei so großen Unterschieden in der Löslichkeit der Präcipitate es durchaus unstatthaft

ist, letztere nach ihrem Gehalt an Gesammt-Phosphorsäure zu kaufen, und es ist dringend nothwendig, daß eine chemische Methode gefunden werde, welche den Gehalt an löslicher, d. h. der wasserlöslichen gleichwerthigen Phosphorsäure zu ermitteln im Stande ist.

Die gleiche Nothwendigkeit liegt bezüglich der Werthbestimmung aller von Phosphoriten abstammenden Superphosphate vor. In diesen Superphosphaten („Phosphoritsuperphosphaten" und „Doppelsuperphosphaten") sind neben der wasserlöslichen Phosphorsäure noch mehrere Procente sogenannter „zurückgegangener" Phosphorsäure enthalten, d. h. Phosphorsäure, welche durch den Aufschließungsprozeß zunächst zwar wasserlöslich gemacht worden ist, während der Erhärtung, des Mahlens und der Aufbewahrung des Superphosphates jedoch ihre Leichtlöslichkeit verloren hat und in einen Zustand übergegangen ist, ähnlich demjenigen, in welchem sich die Phosphorsäure in den präcipitirten Handelsphosphaten, dem Kalk- und Thomaspräcipitat befindet.

Ueber den Düngewerth dieser Phosphorsäure ist man lange Jahre hindurch im unklaren gewesen. Je nach Ansicht und Meinung von Sachverständigen und Nichtsachverständigen wurde die zurückgegangene Phosphorsäure bald zum halben, bald zum dreiviertel-, bald zum vollen Werth der wasserlöslichen angenommen, bald aber auch als ganz unwirksam bezeichnet, so daß es dringend noth that, den Landwirthen durch Ausführung geeigneter Versuche Klarheit über diese Frage zu verschaffen.

Petermann und Grandeau waren die ersten, welche erfolgreiche Schritte in dieser Richtung thaten. Ihre Versuche ergaben eine sehr günstige Wirkung der zurückgegangenen Phosphorsäure; es wurde dieselbe in Frankreich und Belgien als

gleichwerthig mit der wasserlöslichen erachtet und mit letzterer zusammen als „assimilirbare" in den Düngerhandel gebracht. In Deutschland aber hielt man die Versuche noch nicht für beweiskräftig genug, es wurden Felddüngungsversuche in großer Ausdehnung angestellt, die jedoch sehr widersprechende Resultate ergaben, bis es endlich auf dem Wege des exaktem wissenschaftlichen Düngungsversuchs gelang, den Werth der zurückgegangenen Phosphorsäure im Verhältniß zur wasserlöslichen mit genügender Schärfe und Zuverlässigkeit festzustellen.

Ich habe während einer Reihe von Jahren Hunderte von Versuchen mit verschiedenen Pflanzen (Gerste, Hafer, Erbsen, Gras) und verschiedenen Bodenarten (kalkarmen Sandboden, kalkhaltigem Lehmboden und kalkreichem Löß) ausgeführt, um den Düngewerth der zurückgegangenen Phosphorsäure im Phosphorit-Superphosphat und im Doppelsuperphosphat festzustellen, und es hat sich als das Durchschnittsresultat der Versuche ergeben, daß 100 Theile der seither als „zurückgegangen" bezeichneten Phosphorsäure durchschnittlich denselben Düngewerth haben, wie 70 Theile wasserlösliche Phosphorsäure. Auf Grund dieses Resultates ist eine chemische Bestimmungsmethode zur Ermittelung des procentischen Gehaltes an „löslicher" d. h. der wasserlöslichen gleichwerthiger Phosphorsäure ausgebildet worden, und es liegt im Interesse der Consumenten, daß die Düngerfabrikanten fortan nicht mehr den Gehalt an „zurückgegangener" Phosphorsäure in den betreffenden Superphosphaten angeben und garantiren, sondern nur denjenigen Theil derselben, welcher sich als gleichwerthig mit der wasserlöslichen erwiesen hat und mittelst der von mir angegebenen analytischen Methode als „lösliche" Phosphorsäure festgestellt werden kann.

23. Giebt die chemische Analyse der Erntesubstanzen Aufschluß über das spezifische Düngebedürfniß der Kulturpflanzen?

Die chemische Analyse hat nachgewiesen, daß in der von einem Hektar gewonnenen Erntemasse nachstehend aufgeführter Kulturpflanzen die folgenden Mengen an Stickstoff, Phosphorsäure und Kali enthalten sind:

	Stickstoff: Kilo	Phosphorsäure: Kilo	Kali: Kilo
Luzerne . . .	300	60	180
Erbsen . . .	150	20	50
Kartoffeln . .	80	40	120
Gerste . . .	50	20	30
Raps . . .	100	60	70.

Man sieht aus diesen Zahlen sofort, in wie hohem Grade verschieden das Nährstoffbedürfniß der Kulturpflanzen ist. Der Raps bedarf doppelt so viel Stickstoff, doppelt so viel Kali und dreimal so viel Phosphorsäure als die Gerste, die Kartoffel viermal so viel Kali als die Gerste, die Luzerne gar sechsmal so viel Stickstoff, sechsmal so viel Kali und dreimal so viel Phosphorsäure als die Gerste &c. Soll man nun hieraus schließen, daß, weil z. B. die Luzerne sechsmal mehr Stickstoff und sechsmal mehr Kali aus dem Boden aufnehmen muß als die Gerste, um eine Normalernte zu liefern, ein Luzernefeld daher auch mit sechsmal mehr Stickstoff und sechsmal mehr Kali gedüngt werden muß als ein Gerstenacker — muß man von vornherein annehmen, daß das spezifische **Nährstoff**bedürfniß der Kulturpflanzen im Einklang steht mit ihrem spezifischen **Dünge**bedürfniß, d. h. mit ihrem Bedürfniß nach leichtlöslichen Bodennährstoffen?

Ohne weiteres braucht man dies wohl nicht anzunehmen, denn es ist ja doch denkbar, daß die Fähigkeit der Kulturpflanzen, sich Nährstoffe aus dem Bodenvorrath anzueignen, eine ungleiche ist; es ist denkbar, daß eine viel Nährstoff bedürfende Pflanze zugleich auch eine hervorragend große Fähigkeit hat, selbst die schwerer löslichen oder in sehr verdünntem Zustande im Boden enthaltenen Verbindungen verhältnißmäßig leicht aufzunehmen und sie der Zufuhr leichtlöslicher Verbindungen nicht in dem Maße bedarf als eine Pflanze, deren Nährstoffbedürfniß ein geringeres ist.

Daß nun in der That das Düngebedürfniß der Kulturpflanzen ein ganz anderes ist als das Nährstoffbedürfniß derselben, haben wir bezüglich des Stickstoffs schon in dem S. 14 behandelten Abschnitt gesehen, und ergiebt sich solches weiter noch aus folgenden Resultaten meiner Versuche.

1. Sehr starke Phosphorsäuredüngung bewirkte unter sonst gleichen Verhältnissen bei Buchweizen 0%, bei Hafer, Wicken und Erbsen einen Mehrertrag von 25, 33 und 35% gegen ungedüngt.

2. Unter vollkommen gleichen Vegetationsverhältnissen ergaben Erbsen und Gerste (beide in der Blüthe geschnitten) die folgenden relativen Erträge:

Düngung:*)	Ertrag von Versuch 1 (ungedüngt) = 100 gesetzt: Erbsen	Gerste
1. ungedüngt	100	100
2. Stickstoff	104	113
3. Kali	100	107
4. Phosphorsäure	126	113

*) Die Düngung an Stickstoff betrug überall 40 Kilo, an Kali 80 Kilo, an Phosphorsäure 100 Kilo pr. ha.

Düngung:	Ertrag von Versuch 1 (ungedüngt) = 100 gesetzt: Erbsen	Gerste
5. Stickstoff und Phosphorsäure .	132	146
6. Stickstoff und Kali . . .	102	121
7. Kali und Phosphorsäure . .	147	126
8. Kali, Phosphorsäure u. Stickstoff	151	181.

Hieraus ergiebt sich:

a) Der Stickstoff hat auf Erbsen so gut wie gar nicht, auf Gerste dagegen in allen Fällen erheblich gewirkt.

b) Die Kalidüngung hat bei Erbsen gar nicht gewirkt, wenn sie ausschließlich oder im Verein mit Stickstoff gegeben wurde; sehr erheblich aber hat sie im Verein mit Phosphorsäure gewirkt.

Bei Gerste hat die Kalidüngung ebenfalls nur sehr wenig gewirkt, wenn sie ausschließlich oder im Verein mit Stickstoff gegeben wurde; sehr erheblich wirkte sie im Verein mit Phosphorsäure und Stickstoff.

c) Die Phosphorsäure hat auf Erbsen schon bei ausschließlicher Anwendung sehr erheblich gewirkt, weit mehr aber noch, wenn sie neben Kali gegeben wurde. Bei Gerste wirkte die Phosphorsäure ebenfalls in allen Fällen, weitaus am meisten aber bei Gegenwart bei Kali und Stickstoff.

Das „spezifische Düngebedürfniß" der Kulturpflanzen d. h. ihr besonderer Anspruch an den Düngungszustand des Bodens, bezw. den Gehalt des Bodens an leichtlöslichen Nährstoffen deckt sich also nicht mit ihrem durch die chemische Analyse der betreffenden Pflanzenprodukte ermittelten spezifischen Nährstoffbedürfniß.

Bezüglich des Stickstoffs ersieht man dies mit vollkommener

Klarheit aus folgenden Zahlen, die sich (pro Morgen gerechnet) aus meinen Versuchen ergeben.

Den Pflanzen standen **1380** ℔ Stickstoff als Gehalt des ungedüngten Bodens zur Verfügung, und es waren **20** ℔ Stickstoff in der Düngung gegeben worden.

Wie die Versuche nun ergaben, waren die Erbsen im Stande, ihren Stickstoffbedarf ohne Schwierigkeit aus dem vorhandenen Stickstoffvorrath des ungedüngten Bodens zu decken, denn es lieferten dieselben:

a) ohne Düngung 30 Ctr. Erntemasse, enthaltend **91** ℔ Stickstoff,

b) bei Kali- und Phosphorsäuredüngung 44 Ctr. Erntemasse, enthaltend **134** ℔ Stickstoff,

c) bei Kali-, Phosphorsäure- und Stickstoffdüngung 45 Ctr. Erntemasse, enthaltend **137** ℔ Stickstoff.

Die Gerste dagegen konnte ihren Stickstoffbedarf nicht aus dem ungedüngten Boden decken, denn wir erhielten:

a) ohne Düngung 13 Ctr. Erntemasse, enthaltend **23** ℔ Stickstoff,

b) bei Kali- und Phosphorsäuredünguug 17 Ctr. Erntemasse, enthaltend **29** ℔ Stickstoff,

c) bei Kali-, Phosphorsäure- und Stickstoffdüngung 24 Ctr. Erntemasse, enthaltend **41** ℔ Stickstoff.

Die Kali- und Phosphorsäuredüngung war also im Stande gewesen, den Ertrag der Erbsen fast um die Hälfte gegen ungedüngt zu erhöhen, indem die Pflanzen den dazu erforderlichen Mehrbedarf von **43** ℔ Stickstoff ohne Schwierigkeit aus dem Bodenvorrath deckten. Die gleiche Kali- und Phosphorsäuredüngung aber konnte den Ertrag der Gerste nur um ein Viertel erhöhen, weil die Gerste keine größere Mehraufnahme als nur **6** ℔ Stickstoff aus dem ungedüngten Boden zu er-

möglichen im Stande war; erst dadurch, daß noch 20 ℔ leichtlöslichen Stickstoffs in Form von Chilisalpeter dem Boden zugeführt wurden, und die Gerste aus diesen weitere **12** ℔ aufnehmen konnte, erhöhte sich der Ertrag von 17 auf 24 Ctr. Erntemasse.

Es ergiebt sich hieraus mit zwingender Nothwendigkeit der Schluß, daß die Erbse eine größere Fähigkeit der Stickstoffaneignung besitzt als die Gerste, und ich folgere weiter daraus ein neues Princip der Düngung, daß nämlich ganz allgemein die Kulturpflanzen nicht in erster Linie mit demjenigen Nährstoff gedüngt werden müssen, welchen sie in ihren Produkten in größter Menge enthalten, bezw. in relativ größter Menge aus dem Boden aufzunehmen haben, sondern vielmehr mit dem Nährstoff, welchen sie **aus Ursache ihrer spezifischen Eigenschaften** sich relativ am **schwierigsten anzueignen** vermögen.

Steht es nun aber fest, daß das „spezifische Düngebedürfniß“ der Kulturpflanzen sich nicht deckt mit ihrem durch die chemische Analyse der Erntemassen festgestellten spezifischen Nährstoffbedürfniß, zum Theil sogar in direktem Gegensatz zu diesem steht, so ist es eine hochwichtige Aufgabe der wissenschaftlichen Forschung, das besondere Düngebedürfniß einer jeden Kulturpflanze durch genaue Versuche zu ermitteln, damit der Landwirth weiß, welche Düngung im concreten Fall, d. h. bei einem bestimmten Kulturgewächs die meiste Aussicht auf Erfolg bietet, bezw. welches Kulturgewächs das geeignetste ist, um das Kalibedürfniß, das Phosphorsäurebedürfniß ꝛc. des Bodens durch Düngungsversuche zu ermitteln.

24. Mit welchen künstlichen Düngern und welchen Mengen derselben sind die verschiedenen Kulturpflanzen zu düngen?

Es ist bereits oben gesagt worden, daß der Landwirth bei der Verwendung der künstlichen Düngemittel zweierlei zu berücksichtigen habe: das Düngebedürfniß des Bodens und das „spezifische" Düngebedürfniß der Pflanzen. Der eine Boden ist kaliarm, er hat also ein Bedürfniß für Kalidüngung, der andere ist phosphorsäurearm, er bedarf demnach in erster Linie einer Phosphorsäuredüngung u. s. w. — der Landwirth also muß das spezielle Düngebedürfniß eines jeden seiner verschiedenen Aecker kennen, wenn er rationell und rentabel düngen will. Und wie lernt er dies Bedürfniß kennen — etwa durch eine chemische Untersuchung des Bodens? Nein! Die chemische Bodenanalyse giebt zwar genauen Aufschluß über den Gesammtgehalt des Bodens an Pflanzennährstoffen, aber sie giebt bis jetzt nur ungenügenden Aufschluß über die Menge der im Boden enthaltenen „löslichen" Pflanzennährstoffe, d. h. der den Pflanzen zur Verfügung stehenden Stoffe; es bleibt dem Landwirth daher kein anderes Mittel, als durch die Pflanzen selber den Boden zu fragen, an welchen Nährstoffen er Mangel leidet, also durch Düngungsversuche Aufschluß zu suchen über das Düngebedürfniß des Bodens. Nun aber sind, wie bereits hervorgehoben, die Ansprüche der verschiedenen Kulturpflanzen an den Nährstoffgehalt des Bodens sehr ungleich, die eine Pflanze liebt eine stickstoffreiche Nahrung, die andere ist schon mit einem geringen Stickstoffgehalt des Bodens zufrieden u. s. w., und wenn der Landwirth mit Hülfe der Kulturpflanzen das Düngebedürfniß seines Bodens ermitteln will, so muß er natürlich die besonderen Bedürfnisse der Pflanzen zuvor genau kennen, um für jeden

Versuch die geeignetste Kulturpflanze wählen zu können und nicht zu unrichtigen Schlüssen zu kommen. Will man z. B. ermitteln, ob ein Boden Bedürfniß für Stickstoffzufuhr hat, so muß man für solchen Versuch selbstverständlich eine Kulturpflanze wählen, welche auch wirklich einer stickstoffreichen Nahrung bedarf; denn findet man, daß eine versuchsweise mit Stickstoff gedüngte Parzelle nicht mehr Ertrag liefert als eine ungedüngt gebliebene, so ist der Schluß, daß der Boden stickstoffreich sei und der Stickstoffdüngung nicht bedürfe, nur dann berechtigt, wenn die zum Versuch gewählte Kulturpflanze auch wirklich eine viel löslichen Stickstoff beanspruchende war, eine Pflanze also, welche auf der gedüngten Parzelle ganz zuverlässig bedeutend mehr Erntemasse ergeben haben würde, wenn der Boden stickstoffarm gewesen wäre.

Das besondere Düngebedürfniß einer jeden einzelnen landwirthschaftlichen Kulturpflanze zu kennen, ist für den Landwirth daher von doppelter Wichtigkeit. Einerseits muß es ihm bekannt sein, damit er seine Kulturpflanzen richtig zu düngen versteht, und andererseits muß er es kennen, um richtige Düngungsversuche zur Ermittelung des Reichthums oder der Armuth seines Bodens an dem einen oder dem anderen Nährstoff ausführen zu können.

Soweit nun die Arbeiten auf diesem Gebiete einen Aufschluß ergeben haben, kann ich, gestützt auf eigene Forschungen, über das Düngebedürfniß der Hauptgruppen der landwirthschaftlichen Kulturpflanzen das Folgende mittheilen.

A. Die Halmgewächse.

Man pflegt in erster Linie die Phosphorsäure als denjenigen Pflanzennährstoff zu bezeichnen, der für die Düngung

der Halmgewächse am wenigsten entbehrlich ist. Das ist insofern auch richtig, als die Halmgewächse eine phosphorsäurereiche Nahrung lieben und dieselbe nach den bislang vorliegenden Erfahrungen in hohem Grade auszunutzen vermögen. Ganz unrichtig aber ist es, wenn man glaubt, daß man in den meisten Fällen in einer ausschließlichen Phosphorsäuredüngung, in einer ausschließlichen Düngung mit Superphosphat das Richtige wählen wird. Stickstoff und sehr oft auch das Kali haben bei der Getreidedüngung eine ebenso große Bedeutung als die Phosphorsäure. Nur da, wo man es mit einem sehr humusreichen oder mit viel Stallmist gedüngten Boden und mit einer verhältnißmäßig feuchten Lage zu thun hat, wo die Halmfrüchte leicht Neigung zum Lagern zeigen, viel Stroh, aber wenig Körner hervorbringen — nur da wird eine stickstofffreie Düngung anzurathen und rentabel sein; in den weitaus meisten Fällen jedoch kann eine Phosphorsäuredüngung mit event. Kalibeigabe nur dann zu ausgiebiger Wirkung kommen, wenn zugleich eine genügende Stickstoffdüngung beigegeben wird.

Auch bezüglich der Frage einer Kalidüngung für Halmgewächse ist man im Irrthum, wenn man glaubt, daß für die Düngung mit Kalisalzen alle anderen Kulturpflanzen weit mehr in Betracht kommen als die Halmgewächse. Wie schon früher gesagt, ist dies nicht richtig. Sobald der Boden überhaupt kaliarm ist, lohnen die Halmgewächse gerade so gut, wahrscheinlich sogar noch viel mehr eine Kalidüngung als jede andere Kulturpflanze. Ueberdies ist zu bedenken, daß die Kalidüngung nicht nur eine bessere Ernährung der Halmgewächse bewirkt, sondern zugleich auch in Gemeinschaft mit reichlicher Stickstoffdüngung einer unter Umständen nachtheiligen Nebenwirkung hervorragender Phosphorsäuredüngung entgegen=

wirkt, welche, wie wir es S. 38 näher besprochen haben, bei trockener heißer Witterung ein zu frühes Absterben der Pflanzen, das sogenannte „Verbrennen“ der Halmgewächse, verursachen kann.

Bei der Frage der Düngung der Halmgewächse also kommen Phosphorsäure, Stickstoff und Kali insofern gleichmäßig in Betracht, als die gedachten Pflanzen für alle drei Nährstoffe ein entschieden ausgesprochenes Düngebedürfniß haben. Braucht z. B. ein Moorboden nicht mit Stickstoff gedüngt zu werden, um reiche Körnererträge zu liefern, so liegt das nicht an der Genügsamkeit der Pflanze, sondern am Stickstoffreichthum des Bodens, oder hat man auf manchen Bodenarten — und dies wird namentlich bei den schwereren Böden der Fall sein — von einer Kalidüngung der Halmgewächse keinen Erfolg, so ist eben der betreffende Boden reich an Kali, und auch andere Kulturpflanzen werden alsdann sich nicht dankbar gegen eine Düngung mit Staßfurter Salzen erweisen. Wie gesagt — verhält der Boden sich überhaupt lohnend gegen eine Kalidüngung, so muß das Halmgewächs gerade so gut mit Kali gedüngt werden als jede andere Kulturpflanze, und Schultz-Lupitz hat ganz Recht, wenn er in seiner bekannten höchst trefflichen Schrift nicht nur die Düngung der Leguminosen, sondern auch die der Cerealien mit Kalisalzen empfiehlt.

Als die Normalgrenzen, innerhalb deren die Gaben von Phosphorsäure, Kali und Stickstoff für Halmgewächse zu wählen sind, bezeichne ich die folgenden:

	Geringste Gabe: Kilo pr. Hektar	Mittlere Düngung: Kilo pr. Hektar	Höchste Gabe: Kilo pr. Hektar
lösl. Phosphorsäure	30	**50**	80
löslicher Stickstoff	15	**25**	60
Kali	30	**50**	100.

Der Landwirth hat sich nun zu überlegen, ob er unter seinen speziellen Kulturverhältnissen die „mittlere" Düngung wählen, oder ob er bezüglich des einen oder des anderen Nährstoffs nach der unteren oder nach der oberen Grenze hin von jener abweichen soll.

Als Anhaltspunkte hierfür gebe ich die folgenden kurzen Notizen, indem ich des Weiteren auf die voraufgegangene Besprechung der verschiedenen Düngungsfragen verweise. Es sind zu berücksichtigen:

a) Die Bodenverhältnisse. Trockener, leichter Boden verlangt geringere Phosphorsäure-, stärkere Stickstoff- und Kalidüngung, während dagegen ein feuchter und schwerer Boden die Phosphorsäuredüngung in den Vordergrund treten läßt. Kalkreicher Boden verträgt und bedarf mehr Phosphorsäuredüngung als ein kalkarmer, und ein humusreicher mehr als ein humusarmer. Je mehr Humus der Boden enthält, um so weniger tritt die Stickstoffdüngung in den Vordergrund; Moorboden (wenigstens das Niederungsmoor) wird man weniger mit Stickstoff, dagegen reichlich mit Phosphorsäure und Kali zu düngen haben.

Es kommt sodann in Betracht:

b) Der Düngungszustand des Bodens und die Vorfrucht.

Je mehr der Boden durch voraufgegangene Stallmistdüngung noch reich an Stickstoff oder überhaupt in dungkräftigem Zustande, vielleicht geneigt sogar zur Bildung von Lagerfrucht ist, um so mehr hat man sich von der Stickstoffdüngung zu entfernen und einer mittleren oder stärkeren Phosphorsäuredüngung zuzuwenden. Das Gleiche ist der Fall, wenn der Acker „stickstoffsammelnde" Pflanzen, wie Klee, Luzerne, Wicken, Erbsen, Lupinen u. s. w. als Vorfrucht ge-

tragen, oder eine Gründüngung mit solchen Pflanzen erhalten hat; man wird, je nachdem der Boden von Natur schon kräftiger oder weniger kräftig ist, den Schwerpunkt der Düngung alsdann auf die Phosphorsäure legen. Hat dagegen die Vorfrucht in Kartoffeln, Rüben oder Halmgewächsen bestanden, in Pflanzen also, welche als „stickstoffzehrende" bezeichnet werden, welche aber in Folge von vielleicht reichlicher Superphosphatdüngung einen beachtenswerthen Ueberschuß an Phosphorsäure im Boden zurückgelassen haben, so gebe man umgekehrt eine schwächere Phosphorsäure- und eine kräftigere Stickstoffdüngung mit eventueller Beigabe von Kali.

Endlich ist noch zu berücksichtigen:

c) Die Nachfrucht.

Folgt auf das Halmgewächs eine Hackfrucht, so ist ersteres reichlich mit Kali zu düngen, denn, wie ich oben bereits erwähnt habe, es lieben die Hackfrüchte eine für die Vorfrucht gegebene Kalidüngung mehr als eine direkte Düngung. Gleicherweise hat man auf eine reichliche Kalidüngung Gewicht zu legen, wenn die Halmfrucht mit Kleeeinsaat gebaut wird, denn der Klee und alle kleeartigen Gewächse beanspruchen einen an leichtlöslichem Kali und an Phosphorsäure reichen Boden.

B. Die kleeartigen Gewächse und Hülsenfrüchte.

Während wir bei der Düngung der Halmgewächse auf eine stickstoffreiche Nahrung so großes Gewicht gelegt haben, kann eine Düngung der Kleearten und Hülsenfrüchte mit Stickstoffsalzen unter normalen Verhältnissen nicht empfohlen werden. Genannte Pflanzen, obgleich sie in ihrer Erntemasse weit mehr Stickstoff enthalten als alle anderen Kulturgewächse, bedürfen einer nur geringen Anhäufung von leichtlöslichem Stickstoff im Boden, sie haben die Fähigkeit, die Wirthschaft

des Landwirths — wenigstens relativ — an Stickstoff zu bereichern, das Stickstoffkapital des Bodens in Umlauf zu setzen*). Für diese Pflanzen kommt also in erster Linie eine Phosphorsäure- und Kalidüngung in Betracht, und was das Maß der Düngung betrifft, so wird man mit 50—60 Kilo löslicher Phosphorsäure und 70—80 Kilo Kali pro Hektar in den meisten Fällen das Richtige treffen. Das Kali giebt man in Form von 50-procentigem Chlorkalium oder — wenn der Boden nicht sehr schwer ist — in Form von Kainit. Auf sehr schweren Böden empfiehlt sich, wie schon oben gesagt, der Kainit nicht; auf leichteren Böden jedoch scheint derselbe von ganz vorzüglicher Wirkung zu sein und die größte Beachtung zu verdienen**). Bekanntlich enthält der Kainit neben 24 % schwefelsaurem Kali eine große Menge Steinsalz (circa 30 %) und es scheint letzteres gerade auf die stickstoffsammelnden Pflanzen, die Hülsenfrüchte und die kleeartigen Gewächse, in einer noch nicht ganz aufgeklärten, sehr günstigen Weise zu wirken.

Eine direkte Düngung der Kleearten ist thunlichst dadurch zu umgehen, daß man der Deckfrucht einen möglichst großen Ueberschuß an Phosphorsäure und Kali giebt. Die Phosphorsäure ist in solchem Fall zweckmäßig in Form von Thomasschlacke zu geben, von welcher man einen größeren Vorrath in den Boden bringen kann, ohne daß der Ueberschuß schädlich wirkt.

C. Die Kartoffeln und Zuckerrüben.

Bezüglich der Düngung der Kartoffeln und Rüben legte man früher auf eine Zufuhr von Kali das Hauptgewicht,

---

*) Spezielleres hierüber S. 14.

**) Siehe Schultz-Lupitz: „Die Kalidüngung auf leichtem Boden“.

weil man glaubte, daß es genannten Pflanzen Schwierigkeit mache, die ausnehmend große Menge von Kali, welche sich in allen Theilen der Wurzel- und Knollengewächse findet, aus einem an leichtlöslichen Kalisalzen nicht sehr reichen Boden herbeizuschaffen. Das aber hat sich als ein Irrthum erwiesen. Gedachte Pflanzen scheinen mit dem großen Bedürfniß für Kali zugleich auch eine ganz besonders große Fähigkeit zu haben, sich genügende Mengen dieses Nährstoffs selbst auch aus schwerer löslichen Verbindungen des Bodens anzueignen und verhältnißmäßig sehr verdünnte Lösungen auszunutzen. Eine direkte Kalidüngung für Zuckerrüben und Kartoffeln scheint daher in der Regel unnöthig zu sein, wogegen es sich empfiehlt, die Vorfrucht mit einem Ueberschuß von Kalisalzen zu düngen; die große Vertheilung, in welcher das Kali alsdann der Kartoffel und der Rübe sich darbietet, entspricht der Natur dieser Pflanzen besser als die bei direkter Kalidüngung entstehende größere Concentration der Bodenlösung.

Anders ist es in Betreff der Stickstoff- und Phosphorsäuredüngung. Für diese beiden Nährstoffe, namentlich für den Stickstoff, scheinen die Hackfrüchte kein so großes Aufnahmevermögen zu haben als für das Kali, denn selbst in frischer Stallmistdüngung gebaute Kartoffeln und Rüben haben nicht selten recht beachtenswerthe Mehrerträge gegeben, wenn sie mit 100—200 Kilo Chilisalpeter pr. Hektar gedüngt wurden.

Als die Normalgrenzen, innerhalb deren die zu verwendenden Quantitäten von Stickstoff und Phosphorsäure zu wählen sind, lassen sich die folgenden angeben:

Für **Kartoffeln:**

	Geringste Gabe: Kilo pr. ha	Mittlere Düngung: Kilo pr. ha	Höchste Gabe: Kilo pr. ha
lösliche Phosphorsäure .	30	**40**	50
Stickstoff	20	**30**	40
Für **Zuckerrüben:**			
lösliche Phosphorsäure .	40	**60**	80
Stickstoff	20	**30**	60.

Hierzu ist noch das Folgende zu bemerken.

a) Die Phosphorsäure ist in der Regel als Superphosphat, der Stickstoff stets in Form von Chilisalpeter zu geben.

b) Für Zuckerrüben verwende man niemals Chilisalpeter allein, sondern denselben stets in Verbindung mit Superphosphat. Durchschnittlich sind auf 1 Th. Stickstoff 2 Th. Phosphorsäure zu wählen.

c) Je schwerer, je feuchter und humusreicher der Boden ist, um so mehr Phosphorsäure, um so weniger Salpeter wende man an; je leichter und trockener und humusärmer dagegen der Boden ist, um so mehr Salpeter und um so weniger Phosphorsäure ist zu geben.

d) Ist Stallmistdüngung gegeben, oder sind „stickstoffsammelnde“ Pflanzen, wie Erbsen, Klee, Luzerne, Wicken, Raps als Vorfrucht gebaut worden, so mäßige man die Stickstoffgabe. Sind dagegen Kartoffeln, Roggen, Weizen, Hafer, Gerste gebaut worden, Pflanzen, welche keine an löslichem Stickstoff reiche Bodenkrume hinterlassen, so dünge man reichlicher mit Chilisalpeter.

e) Je schwerer und besser der Boden ist, und je mehr er mit Stickstoff gedüngt ist, um so enger sind die Rüben

zu pflanzen; je leichter und ärmer dagegen der Boden ist, um so größere Entfernungen sind zu wählen.

f) Der Chilisalpeter ist niemals als Kopfdüngung zu geben, weder bei Zuckerrüben noch auch bei Kartoffeln.

g) Man spare bei reichlich gedüngten Rüben und Kartoffeln nicht am Behacken der Pflanzen; je mehr mit Chilisalpeter gedüngt ist, um so fleißiger ist die Hacke in Anwendung zu bringen.

D. Die Wiesen.

Wie ich auf S. 19 bereits gezeigt habe, kommt es bei der Düngung der Wiesen hauptsächlich auf eine Zufuhr von Phosphorsäure und Kali an, indem die meisten Wiesen einen humusreichen bis moorigen Boden haben und alsdann der Stickstoffdüngung in der Regel nicht bedürfen. Der Moorboden ist reich an Stickstoff, ihm fehlt es in erster Linie an Phosphorsäure und Kali; führt man ihm diese zu — und zwar am besten in Form eines Gemenges von Kainit mit Superphosphat —, so werden die Gräser befähigt, das vorhandene Stickstoffkapital des Bodens besser zu verwerthen.

Die Frage: wie düngt man am besten eine moorige Wiese? ist somit wie folgt zu beantworten:

Man dünge eine Moorwiese mit Kalk, damit die Säure gebunden und der Stickstoff des Bodens aufgeschlossen und aufnehmbar für die Pflanzen gemacht werde. Man dünge ferner die Wiese mit Phosphorsäure und Kali — also nicht mit Kali allein, oder mit Phosphorsäure allein, sondern mit Phosphorsäure und Kali. Ist die Wiese moosig, so streue man im Dezember oder Anfang Januar 10—15 Centner Kainit pr. Hektar aus, reche im März das Moos ab und dünge darauf mit 40 bis 50 Kilo löslicher Phosphorsäure

pr. Hektar in Form von Superphosphat. Der Kainit, im Winter aufgebracht, zerstört das Moos und befördert darauf im Verein mit der Phosphorsäure die Entwickelung guter Gräser. Ist die Wiese nicht moosig, so streue man Anfang bis Mitte März ein Gemenge von etwa 10 Ctr. Kainit und einer 40 bis 50 Kilo löslicher Phosphorsäure entsprechenden Menge Superphosphat aus.

Humusärmere und trockener gelegene Wiesen bedürfen schon eher einer stickstoffhaltigen Düngung, doch führe man ihnen den Stickstoff in möglichst billiger Form zu (Compost, Pfuhl, compostirter Wollstaub, Leimabfälle 2c.) und dünge sie mit Chilisalpeter oder Ammoniaksalz nur dann, wenn 1 Kilo Stickstoff in diesen Salzen niedriger im Preise steht, als der Werth des zu 1 Ctr. Wiesenheu erforderlichen Quantums Gras beträgt. Ist der Chilisalpeter theurer, so rentirt seine Anwendung auf Wieseu nicht; man streue ihn dann lieber auf das Getreide- oder auf das Kartoffel- oder Rübenfeld, wo er aus den auf Seite 19 angegebenen Gründen eine weit höhere Rente zu gewähren vermag als auf Wiesen.

E. Die Weinberge.

Eine Durchschnittsernte von

1300 Kilo lufttrockenen Gipfeln,
8000 „ Trauben,
2160 „ lufttrockenem Rebholz

entzieht nach meinen Ermittelungen einem Hektar Weinberg jährlich:

71 Kilo Kali,
18 „ Phosphorsäure.

Hiergegen werden dem Weinbergboden wieder zugeführt durch eine alle drei Jahre wiederholte Stallmistdüngung von

60000 Kilo pr. Hektar, also jährlich 20000 Kilo (= 100 Ctr. pr. 1/4 ha):

104 Kilo Kali,
42 „ Phosphorsäure.

Der Weinberg erhält also durch die übliche Stallmistdüngung reichlich doppelt so viel Phosphorsäure und um die Hälfte mehr Kali, als ihm entzogen wird.

Was soll man hieraus folgern?

Soll man annehmen, daß dem Weinberg durch eine Stallmistdüngung von jährlich 100 Ctr. pr. 1/4 ha viel zu viel Nährstoffe zugeführt werden?

Das wäre ein unberechtigter Schluß und er würde der praktischen Erfahrung total widersprechen, denn man giebt häufig noch reichlichere Stallmistdüngungen und es hat sich erwiesen, daß eine Beigabe von Handelsdünger neben der üblichen Stallmistdüngung sich sehr lohnt.

Der Weinstock liebt offenbar einen an Nährstoff sehr reichen Boden; er scheint ein verhältnißmäßig geringes Vermögen zu haben, sich schwerlösliche Bodennährstoffe anzueignen oder eine an Nährstoffen arme Bodenlösung auszunutzen. Ebenso scheint es dem Gedeihen und der Ertragsfähigkeit des Rebstocks förderlich zu sein, wenn auch die tieferen Schichten des Weinbergbodens reich an löslichen Nährstoffen sind, damit auch die in diese Schichten dringenden Wurzeln sich reichlich ernähren und demgemäß sich kräftig entwickeln und ausbreiten können. In die tieferen Bodenschichten aber dringen nur dann reichlichere Mengen von Nährstoffen, wenn der Krume des Bodens ein großer Ueberschuß an diesen gegeben wird und man sich nicht darauf beschränkt, nur das jährlich durch die Ernte entzogene Quantum wieder zu ersetzen. Daraus

würde es sich dann erklären, daß man den praktischen Erfahrungen der Weinbau treibenden Landwirthe gemäß mit einer Zufuhr von Kali, Phosphorsäure und Stickstoff weit über das Maß der üblichen Stallmistdüngung hinausgehen muß, wenn der Weinberg in einen gesunden, kräftigen und ertragreichen Stand gebracht, bezw. in solchem erhalten und die höchstmögliche Rente aus ihm erzielt werden soll.

Soweit bis jetzt die Erfahrungen über die zweckmäßigste Düngung der Weinberge reichen, darf der folgende Düngungsturnus als ein normaler zu empfehlen sein.

		pr. Hektar in Kilo:	pr. hess. Morgen:
1. Jahr	Stallmist	60000	300 Ctr.
	lösliche Phosphorsäure	40	20 Pfd.
2. Jahr	lösliche Phosphorsäure	60	30 "
	Kali	40	20 "
3. Jahr	lösliche Phosphorsäure	60	30 "
	Kali	80	40 "
	Stickstoff	15	7 1/2 "
4. Jahr (Schluß des Turnus)	lösliche Phosphorsäure	80	40 "
	Kali	100	50 "
	Stickstoff	25	12 1/2 "

Als Mischungen würden sich empfehlen:

pr. hess. Morgen (= 1/4 Hektar):

1. Jahr: 100 Pfd. Superph. à 20 % Phosphors. auf den ausgebreiteten Stallmist zu streuen.

2. Jahr: eine Mischung von
160 Pfd. Superphosphat à 19 % Phosphors.
40 " Chlorkalium à 50 % Kali.

Zusammen 200 Pfd.

3. Jahr: eine Mischung von	170	Pfd.	Superphosphat à 18 $^0/_0$ Phosphors.
	80	„	Chlorkalium à 50 $^0/_0$ Kali
	50	„	Chilisalpeter à 15—16 $^0/_0$ Stickstoff.
Zusammen	300	Pfd.	

4. Jahr: eine Mischung von	220	Pfd.	Superphosphat à 18 $^0/_0$ Phosphors.
	100	„	Chlorkalium à 50 $^0/_0$ Kali
	80	„	Chilisalpeter à 15—16 $^0/_0$ Stickstoff.
Zusammen	400	Pfd.	

Will man die Mischungen nicht selber bereiten, sondern sie vom Fabrikanten beziehen, so würde man zu kaufen haben:

pr. hess. Morgen (= $^1/_4$ Hektar):

2. Jahr: 2 Ctr. „Mischung II“ enthaltend:	15 $^0/_0$ Phosphorsäure 10 $^0/_0$ Kali.
3. Jahr: 3 Ctr. „Mischung III“ „	10 $^0/_0$ Phosphorsäure 13 $^0/_0$ Kali 2 $^1/_2$ $^0/_0$ Stickstoff.
4. Jahr: 4 Ctr. „Mischung IV“ „	10 $^0/_0$ Phosphorsäure 12 $^0/_0$ Kali 3 $^0/_0$ Stickstoff.

Die Düngemittel sind am besten im Spätherbst anzuwenden und breitwürfig auszustreuen.

Von obiger „Normaldüngung“ der Weinberge hat man nun je nach den speziellen Verhältnissen abzuweichen und dabei insbesondere das Folgende zu berücksichtigen.

a) Je tiefer und feuchter die Lage des Weinbergs ist, um so mehr ist die Stickstoffgabe in der Düngung zu beschränken; je höher und trockener dagegen die Lage ist, um so mehr darf man die Phosphorsäure- und Kalidüngung durch eine reichlichere Zugabe von Chilisalpeter unterstützen.

b) Je kräftiger der Holztrieb ist, um so mehr ist die Stallmistdüngung und die Zugabe von Chilisalpeter zu mäßigen, und umgekehrt — je schwächer das Holz, um so öfter ist die Stallmistdüngung zu wiederholen (etwa alle drei Jahre), und um so mehr ist mit Chilisalpeter nachzuhelfen.

c) Stellen des Weinbergs, welche — meist wohl in Folge undurchlassender Thonschichten — die Krankheitserscheinung des Gelbwerdens der Stöcke zeigen, sind, namentlich nach einem nassen Jahre, vorzugsweise reich mit Kali zu düngen. Kann man Laubholzasche für solchen Zweck erhalten, so ist solche in hohem Grade zu empfehlen.

d) Bei jungen Rebanlagen kommt es darauf an, eine kräftige Holzentwickelung zu bewirken, diese während der ersten Monate der Vegetationsperiode möglichst zu forciren und sie früh zum Abschluß zu bringen, damit das Holz gut ausreife und gut durchwintere. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, die Stallmistdüngung zu mäßigen, den nöthigen Stickstoff lieber in Form von Chilipeter anzuwenden, welcher schnell und nicht zu lange wirkt, und — wie bei der Kultur der Zuckerrübe — eine reichliche Phosphorsäure-Beigabe zu wählen.

Eine Düngung mit Wollstaub, die sonst ja überall mit Erfolg angewendet wird, wo man an stickstoffreichem Stallmist Mangel hat, dürfte für jüngere Rebanlagen nicht zu empfehlen sein, weil sie die Vegetationszeit des Weinstocks leicht zu sehr verlängert.

Es sei schließlich noch erwähnt, daß eine rationelle und kräftige Düngung der Weinberge nicht nur die Erträge vermehrt, sondern auch die Stöcke in hohem Grade widerstandsfähiger gegen alle nachtheiligen Einflüsse macht und eine bessere Qualität des Weins erzielen läßt.

25. Wie kann der Landwirth sich Aufschluß verschaffen über das Düngebedürfniß seines Bodens, bezw. über die Rentabilität der Düngungen?

Auf S. 60 habe ich hervorgehoben, daß der Gehalt der Bodenkrume an „löslichen“ Nährstoffen sehr verschieden ist und daß nicht die chemische Analyse eines Bodens, sondern nur der Düngungsversuch des Landwirthes im Stande ist, befriedigenden Aufschluß über das Düngebedürfniß eines speziell in Frage kommenden Bodens bezw. über die Rentabilität der angewendeten Düngung zu geben.

Bei der Ausführung eines solchen Düngungsversuchs hat man sich nun zu überlegen:

a) welche Kulturpflanze und

b) welche Düngung zu wählen ist.

Die erstere Frage haben wir im voraufgegangenen Abschnitt besprochen. Wir haben gesehen, daß für Versuche, welche über den Reichthum oder die Armuth des Bodens an Stickstoff oder an Kali oder an Phosphorsäure Aufschluß geben sollen, Pflanzen zu wählen sind, welche ein ausgesprochenes Bedürfniß für einen reichen Gehalt des Bodens an leichtlöslichen Verbindungen des Stickstoffs oder des Kalis oder der Phosphorsäure haben, und es ist in den dort gegebenen Ausführungen zugleich mitgetheilt worden, was man bis heute über das spezifische Düngebedürfniß der Kulturpflanzen weiß. Wir können demnach sogleich zur Besprechung der zweiten Frage übergehen, zur Frage, welche die zu wählende Düngung, mithin den eigentlichen Plan der Versuche, betrifft.

Sehr große Fehler hat man in dieser Beziehung — ich darf wohl sagen — bei den meisten der früheren Felddüngungsversuche gemacht. Um beispielsweise über die Kali-

armuth oder den Kalireichthum des Bodens Aufschluß zu erhalten, hat man gewöhnlich eine Parzelle mit Chlorkalium, eine andere mit schwefelsaurem Kali, eine dritte mit Superphosphat, eine vierte etwa mit Peruguano gedüngt, eine fünfte ungedüngt gelassen und nun den Erfolg abgewartet. Und was ist dann meist der Erfolg gewesen? Die Kalidüngung hat nicht mehr, oft sogar noch weniger als „ungedüngt“ ergeben; das Superphosphat hat beträchtlich mehr als „ungedüngt“, der Peruguano aber noch mehr als das Superphosphat erbracht: folglich — so schloß man — hat der Peruguano sich als das für den Boden geeignetste Düngemittel, das Kalisalz dagegen als gänzlich unwirksam erwiesen und jeder für Kalidüngung ausgegebene Pfennig wäre weggeworfenes Geld gewesen.

In der That — so verkehrt wurden und werden häufig auch jetzt noch Düngungsversuche angestellt, und so gänzlich unrichtig ihre Resultate gedeutet!

Jeder kundige Landwirth muß es einsehen, daß ein Düngungsversuch, wie der angeführte, auch nicht entfernt im Stande ist, auf die Frage nach dem Kalibedürfniß des Bodens eine richtige Antwort zu geben. Ein einfaches Beispiel wird dies deutlich machen. Wir denken uns eine Bodenfläche, auf welcher bei genügendem Vorrath an Pflanzennährstoffen 1000 Kilo Kleeheu geerntet werden können. In 1000 Kilo Kleeheu sind nun enthalten ungefähr

15 Kilo Kali und
5 „ Phosphorsäure.

Den auf der gedachten Bodenfläche wachsenden Kleepflanzen muß der Boden also die genannten Quantitäten Kali und Phosphorsäure zur Aufnahme darbieten, falls jene Ernte erzielt werden soll, und wenn wir die innerhalb eines Erntejahres

von den Pflanzen aufzunehmenden Nährstoffmengen hier der Einfachheit halber als „lösliche" Nährstoffe bezeichnen dürfen, so sagen wir: das Stück Land, von welchem 1000 Kilo Kleeheu geerntet werden sollen, muß 15 Kilo Kali und 5 Kilo Phosphorsäure in „löslicher" Form enthalten.

Nun wollen wir annehmen, der Boden enthalte jene Nährstoffmengen nicht, er enthalte nur

10 Kilo Kali und
$2^1/_2$ „ Phosphorsäure in löslicher Form;

wie viel Kleeheu wird man alsdann ernten?

Die Rechnung ist leicht. Der Ertrag — das ist ja ein bekanntes Gesetz — steht immer im Verhältniß zur Größe desjenigen Faktors, bezw. zur Quantität desjenigen Nährstoffs, von welchem das relativ geringste Maß den Pflanzen zur Verfügung steht. Der in relativ geringster Menge sich darbietende Nährstoff aber ist in unserm Fall die Phosphorsäure, und wenn nun 5 Kilo Phosphorsäure eine Ernte von 1000 Kilo Kleeheu erzeugen, so können aus der vorhandenen Menge von nur $2^1/_2$ Kilo Phosphorsäure nicht mehr als 500 Kilo Kleeheu gewonnen werden, obgleich so viel Kali (10 Kilo) vorhanden ist, als der Rechnung nach zur Produktion von 666 Kilo Kleeheu ausreichen würde.

Düngen wir nun den Boden ausschließlich mit Kali — wird das Kali wirken? Nein! denn es sind ja schon 10 Kilo lösliches Kali vorhanden, und zu der durch die $2^1/_2$ Kilo Phosphorsäure bedingten Ernte von 500 Kilo Kleeheu werden nur $7^1/_2$ Kilo Kali verbraucht; es sind also unter den gegebenen Verhältnissen schon $2^1/_2$ Kilo Kali im Ueberschuß vorhanden, weßhalb eine weitere ausschließliche Kalizufuhr unmöglich wirksam sein kann.

Aber ist der Boden nicht trotzdem als ein kalibedürftiger zu bezeichnen? Ja! insofern wenigstens, als es noch an 5 Kilo Kali fehlt, um den höchstmöglichen Ertrag von 1000 Kilo Kleeheu zu gewinnen.

Düngen wir nun andererseits den gedachten Boden ausschließlich mit Superphosphat, vermehren wir die bereits vorhandenen $2^1/_2$ Kilo „lösliche" Phosphorsäure auf etwa 5 Kilo — wird diese Düngung einen Erfolg haben? Allerdings! denn die Phosphorsäure war ja der in relativ geringster Menge vorhandene Pflanzennährstoff. Aber wird man die durch 5 Kilo Phosphorsäure erzielbare Ernte von 1000 Kilo Kleeheu jetzt schon erhalten? Keineswegs! denn es sind ja nur 10 Kilo Kali vorhanden, mit welchen nur 666 Kilo Erntemasse producirt werden können. Die vermehrte Phosphorsäuredüngung kommt mithin nicht zur vollen Wirkung, weil es an Kali fehlt. Jetzt also macht sich die Kalibedürftigkeit des Bodens geltend, denn vermehrt man jetzt die im Boden vorhandenen 10 Kilo „lösliches" Kali auf 15 Kilo, so wird in Folge dieser Kalidüngung die Ernte von 666 Kilo auf 1000 Kilo steigen.

Betrachten wir dies Beispiel, so sehen wir klar, wie so ganz unrichtig es ist, das Kalibedürfniß eines Bodens nach dem Erfolge oder Nichterfolge einer ausschließlichen Kalidüngung oder das Phosphorsäurebedürfniß nach dem Erfolge einer ausschließlichen Superphosphatdüngung bemessen zu wollen.

Ein Boden kann „kaliarm" sein, auch wenn eine ausschließliche Düngung mit Kalisalz nicht wirkt; er kann zugleich phosphorsäurearm sein, auch wenn eine ausschließliche Superphosphatdüngung nicht wirkt — erst wenn eine Phosphorsäuredüngung gegeben ist, zeigt sich sein Kalibedürfniß, und

erst wenn eine Kalidüngung gegeben ist, macht sein Phosphorsäurebedürfniß sich geltend.

Auch aus den Resultaten meiner Düngungsversuche kann ich ein deutliches Beispiel hierfür geben.

Ich erhielt:

a) bei ungedüngt . . . . 100 Ertrag an Erbsen,
b) „ Kalidüngung . . . . . . 100 „ „ „
c) „ Phosphorsäuredüngung . . 126 „ „ „
d) „ **Phosphorsäure- u. Kalidüngung 147** „ „ „ .

Die ausschließliche Kalidüngung also hatte keinen Mehrertrag bewirkt, woraus man irrthümlich hätte folgern können, daß der Boden nicht kalibedürftig sei. Wie unrichtig dieser Schluß aber gewesen sein würde, ersieht man aus dem Versuch d, bei welchem das Kalisalz, nachdem eine Phosphorsäuredüngung gegeben war, einen Mehrertrag von **21** % (Differenz zwischen c und d) bewirkt hatte! —

Auf Grund vorstehender Ausführungen ist nun die Frage:

Wie kann der Landwirth sich Aufschluß verschaffen über den Reichthum oder die Armuth seines Bodens an Stickstoff, an Kali, an Phosphorsäure, bezw. über das besondere Düngebedürfniß eines seiner Felder?

ganz kurz und einfach wie folgt zu beantworten.

Der Landwirth stelle Düngungsversuche auf den betreffenden Feldern an und berücksichtige dabei die folgenden Rathschläge:

1. Handelt es sich um die Frage der Rentabilität einer Stickstoffdüngung, so wähle man als Versuchspflanze nicht Klee, Wicken, Erbsen, Luzerne, Esparsette oder andere Leguminosen, sondern am besten ein Halmgewächs, dünge dieses nach den Regeln, wie sie oben auf S. 66 gegeben sind, mit Phosphorsäure und Stickstoff, eventuell auch mit Kali, und lasse auf größeren oder kleineren Ausschnitten oder Streifen bezw.

Parzellen des Ackers den Stickstoff (ganz oder zum Theil) an der Düngung fehlen.

2. Soll die Rentabilitätsfrage der Kalidüngung geprüft werden, so wähle man als Versuchspflanze keine Hackfrucht, sondern eine Hülsenfrucht oder ein Halmgewächs, dünge die erstere mit Kali und Phosphorsäure, bezw. das letztere mit Stickstoff, Phosphorsäure und Kali nach den auf S. 66 bezw. 70 gegebenen Vorschlägen und lasse auf den zum Vergleich dienenden Streifen oder Parzellen das Kali (ganz oder zum Theil) an der Düngung fehlen.

3. Handelt es sich endlich um die Frage, ob der Boden in Folge starker Superphosphatdüngungen sich vielleicht so sehr mit Phosphorsäure angereichert hat, daß man für eine oder mehrere aufeinander folgende Früchte die Superphosphatdüngung ganz oder zum Theil sparen kann, so wähle man für solchen Versuch nicht die Kartoffel, auch nicht ein rübenartiges Gewächs als Versuchspflanze, sondern ein Halmgewächs oder eine Hülsenfrucht, führe die Düngung, wie auf S. 60 bezw. 70 vorgeschlagen ist, aus, und lasse auf den zum Vergleich dienenden Ausschnitten oder Parzellen des Ackers ganz oder zum Theil die Phosphorsäure an der Düngung fehlen. —

Es dürfte noch die Frage kurz zu berühren sein, ob man die bei den Versuchen resultirenden Ertragsdifferenzen mit dem Auge abschätzen, oder ob man sie mit der Wage ermitteln soll? Hierauf antworte ich, daß je nach dem Maß von Arbeit, Zeit und Kosten, welches man für die Versuche verwenden kann, bald dem einen, bald dem andern Modus der Resultatbestimmung der Vorzug gegeben werden muß. Ist man in der Lage, hinreichende Zeit und Kosten für die Versuche zu verwenden, so führe man sie in möglichst exakter Weise und unter sorg-

fältiger Berücksichtigung aller der Vorsichtsmaßregeln aus, wie Professor G. Drechsler sie im Journal für Landwirthschaft 1880 u. 81 treffend gegeben hat. Ist man dagegen nicht in der Lage, die nothwendigen Vorsichtsmaßregeln zu befolgen und den Versuchen einen Umfang zu geben, wie er zur Erzielung sicherer Zahlen erforderlich ist, so glaube ich, daß in solchen Fällen das geübte Auge des tüchtigen und erfahrenen Landwirthes das Resultat der vergleichenden Düngung zutreffender beurtheilen wird als die aus dem uncontrolirten und mit Fehlermassen aller Art behafteten Versuch gewonnene Zahl.

Ich möchte dem Landwirth beiderlei Versuche zu gegenseitiger Ergänzung empfehlen. Man führe eine oder zwei Versuchsreihen — ja nicht mehr, als man mit Sorgfalt durchführen kann — möglichst exakt aus und daneben eine Anzahl weiterer Versuche in der Weise, daß etwa an drei Stellen des betreffenden Ackers schmale, mit dem Auge zu übersehende Streifen abgegrenzt werden, auf welchen man — je nach der Frage, die durch den Versuch beantwortet werden soll — die Düngung ändert, bezw. auch ganz fehlen läßt. Die Resultate der letzteren Versuche beurtheilt man nur nach dem äußeren Stand der Pflanzen in ihren verschiedenen Entwickelungsperioden, und aus der Größe der beobachteten Differenzen wird der Landwirth dann leicht ein Urtheil darüber gewinnen, ob das durch den Augenschein gewonnene Resultat des Versuchs schon ausgeprägt genug ist, um praktisch verwerthbar zu sein, oder ob es sich empfiehlt, die gewonnene Beobachtung durch einen exakteren Versuch zu prüfen.

Ich glaube bestimmt, daß es auf diese Weise und unter Befolgung der oben gegebenen Rathschläge gelingt, die Anzahl der als nothwendig erscheinenden exakteren Versuche zu be=

schränken und die Versuchsthätigkeit des in der Praxis stehenden Landwirthes dadurch zu einer weniger mühsamen und zugleich lohnenderen zu gestalten.

26. Wie ist ein wissenschaftlicher Düngungsversuch anzustellen und welche Bedeutung hat der Felddüngungsversuch des praktischen Landwirthes?

Die Fortschritte, welche die Düngungslehre in den letzten Decennien gemacht hat, sind sehr gering gewesen, so gering, daß von der unermeßlich großen Anzahl praktischer Düngungsfragen nur einige wenige endgültig gelöst worden sind. Der Grund davon liegt in der unzureichenden Methode, welche man der Forschung vielfach zu Grunde gelegt hat. Auf dem Wege des uncontrolirten und mit Fehlerquellen aller Art behafteten Felddüngungsversuchs glaubte man Düngungsfragen von allgemeiner Gültigkeit lösen zu können, und die Resultate solcher Versuche behandelte man überdies oft mit wenig Kritik, so daß es nicht Wunder nehmen kann, wenn vielfach die widersprechendsten Urtheile daraus hervorgegangen sind.

Seit einer Reihe von Jahren aber ist eine Wendung eingetreten; man hat sich bemüht, mehr Kritik und eine größere Exaktheit in die Forschung zu bringen.

Auch ich habe mich an diesen Reformbestrebungen betheiligt, und es ist mir nach mehrjährigen Bemühungen gelungen, eine Methode der Düngungsversuche auszubilden, welche allen an wissenschaftliche Arbeiten zu stellenden Forderungen entspricht, eine Methode, welche sehr genaue, vollkommen zuverlässige und unzweideutige Resultate zu liefern im Stande ist.

Es sei mir gestattet, auf Grund der in den „Landw.

Jahrbüchern" 1883, S. 583—748, von mir gegebenen Ausführungen die theoretischen Grundlagen meiner Methode, bezw. diejenigen Forderungen hier kurz anzudeuten, welche meiner Ansicht nach an einen zur Beantwortung allgemeiner Düngungsfragen befähigten Versuch zu stellen sind.

Es sind dies im wesentlichen die folgenden.

1. Die „Fehlergrenzen" des Versuchs müssen bekannt sein.

Diese Forderung ist, wie man mir zugeben wird, eine so selbstverständliche, daß sie wohl kaum begründet zu werden braucht.

Wie bekannt, berechnet man die relative Wirkung verschiedener Düngemittel oder verschiedener Düngungsarten aus den Ertragsunterschieden, welche bei vergleichenden Düngungsversuchen erhalten werden. Hat man z. B.

bei ungedüngt	100 Ctr. Erntemasse,
bei Düngung mit 10 Kilo Stickstoff in Form von Chilisalpeter . .	110 „ „
bei Düngung mit 10 Kilo Stickstoff in Form von Ammoniaksalz .	105 „ „

erhalten, so ergiebt sich daraus, daß der Chilisalpeter 10%, das Ammoniaksalz 5% Mehrertrag gegen ungedüngt erbracht, der Salpeter also doppelt so gut als das Ammoniaksalz gewirkt hat.

Dieser Schluß aber ist nur bedingungsweise richtig, denn jene Differenz unter den Mehrerträgen ist nicht ohne weiteres auf eine ungleiche Wirkung der Düngungen zurückzuführen, sie kann vielmehr zum Theil — möglicherweise sogar ausschließlich — hervorgebracht sein durch nicht völlig zu vermeidende Ungleichmäßigkeiten in den sonstigen Versuchsverhältnissen; und nur dadurch, daß man festzustellen versucht, wie groß der etwaige Antheil solcher Ungleichmäßigkeiten an

der Hervorrufung jener Differenz hat sein können, oder mit anderen Worten, wie weit die „Fehlergrenzen" der Versuche sich erstrecken, kann man ein Urtheil darüber gewinnen, ob und in welchem Maße die Wirkungsunterschiede der fraglichen Düngemittel in jener Differenz der Mehrerträge rein zum Ausdruck gekommen sind.

Die Ermittelung der Fehlergrenzen aber geschieht ganz einfach durch Ausführung von Parallelversuchen, aus deren Ertragsdifferenzen sich die Fehlergröße berechnet.

2. Die mögliche Fehlergröße der Versuche muß relativ so gering sein, daß sie die Zuverlässigkeit der Resultate nicht beeinträchtigt.

Bleiben wir bei obigem Beispiel stehen und nehmen an, es betrage die Fehlergröße der Versuche bis zu ± 5 % des Ertrages, so können wir aus der erhaltenen Ertragsdifferenz von 10 % einerseits und 5 % andererseits natürlich gar nichts schließen, denn das „fehlerfreie" Resultat der Salpeterdüngung würde dann möglicherweise statt 10 % nur 5 %, das „fehlerfreie" Resultat der Ammoniakdüngung dagegen statt 5 % vielleicht 10 % Mehrertrag betragen können, so daß im Gegensatz zu obigem Schluß nicht der Chilisalpeter, sondern das Ammoniaksalz als der wirksamste Stickstoffdünger anzunehmen sein würde.

Die möglichste Herabminderung der Versuchsfehler ist also von größter Nothwendigkeit, und es ist eine solche Herabminderung direkt und indirekt auf folgende Weise zu erreichen:

a) Die Versuche müssen möglichst exakt ausgeführt werden.

b) Alle auf die Pflanzenentwicklung irgend Einfluß übenden Faktoren, wie namentlich die physikalische und chemische Bodenbeschaffenheit, der Ge-

halt des Bodens an Nährstoffen und Feuchtigkeit, die Dichtigkeit des Bodens, die Vertheilung der Düngemittel im Boden, die Saatgutqualität, Saattiefe, Anzahl der Pflanzenindividuen, Entfernung der Pflanzen von einander, Licht, Wärme, Luftströmung 2c. müssen bei allen Versuchen möglichst gleichgestellt sein.

c) Es muß eine größere Anzahl von Parallelversuchen ausgeführt werden, um durch Addition der Einzelresultate die Plus- und Minus-Abweichungen derselben vom wahren Mittel auszugleichen und ein nahezu fehlerfreies Durchschnittsresultat zu gewinnen.

Als Beispiel für den Grad der Ausgleichung, den man auf solche Weise erzielt, führe ich aus meinen Arbeiten die folgenden Resultate von 12 Parallelversuchen*) an:

Düngung I. Reihe A.			Düngung I. Reihe B.		
Versuch.	Erträge der Parallelversuche. g	Abweichung vom Mittel in % des Ertrages.	Versuch.	Erträge der Parallelversuche. g	Abweichung vom Mittel in % des Ertrages.
a	187,9	1,5	a	189,0	2,0
b	171,8	7,8	b	194,1	4,5
c	185,3	0,1	c	182,5	1,5
d	199,0	7,5	d	181,5	2,1
e	186,0	0,5	e	176,8	4,8
f	180,6	2,4	f	188,2	1,5
Mittel =	185,1.	3,3.		185,3.	2,7.

Die Reihe A hat als Mittel aus 6 Parallelversuchen einen Ertrag von 185,1 g, die Reihe B der gleichen Düngung

*) Landw. Jahrbücher 1883, S. 655 u. 656. Vers. Nr. 2 u. 9.

185,3 g ergeben, woraus man ersieht, daß durch Addition von 6 Einzelresultaten ein fast absolut fehlerfreies Mittelresultat entstanden ist.

d) Man muß möglichst hohe Mehrerträge durch die Düngungen zu erzielen suchen, wodurch die Fehlergröße relativ vermindert wird.

Wenn beispielsweise

durch Düngung a 10 % Mehrertrag gegen ungedüngt,
" " b 5 " " " "

erzielt worden sind und die Fehlergröße im Mittel etwa ± 2 % beträgt, so kann möglicherweise der „fehlerfreie" Mehrertrag

bei Düngung a nur 8 % anstatt 10 %,
" " b dagegen 7 % anstatt 5 %

betragen; ein sicherer Schluß also ist aus dem Ergebniß dieser Versuche nicht zu ziehen. Steigert man nun aber

1. durch Verwendung eines an dem zu prüfenden Nährstoff möglichst armen Bodens,
2. durch möglichst reichliche Düngung,
3. durch möglichste Herstellung des günstigsten Ueberschusses aller sonstigen Wachsthumsfaktoren

die Mehrerträge dermaßen, daß

durch Düngung a etwa 80 % Mehrertrag gegen ungedüngt,
" " b " 40 " " " "

erzielt werden, so macht eine Fehlergröße selbst bis zu ± 2 %, durch welche im ungünstigsten Fall

der Ertrag a von 80 % auf nur 78 % sich vermindern,
" " b " 40 " " " 42 " " erhöhen

würde, so gut wie gar nichts aus.

3. Die Versuche müssen so angelegt und ausgeführt werden, daß die Ertragsdifferenz zwischen zwei Düngungen

nicht durch mehrere, sondern nur durch den einen speziell zu prüfenden Faktor hervorgerufen sein kann, oder — falls solches als zweckmäßiger erscheinen sollte: **es muß durch Ausführung von Ergänzungsversuchen der Antheil festgestellt werden, welchen jeder etwa noch mitwirkende Nebenfaktor an der Hervorbringung der Ertragsdifferenz hat.**

Soll z. B. die Wirkung der im Phosphoritsuperphosphat enthaltenen sogenannten zurückgegangenen Phosphorsäure mit der in Wasser leichtlöslichen Phosphorsäure der verschiedenen Superphosphate verglichen werden, und wählt man als Düngematerial einerseits ein ausgewaschenes Phosphoritsuperphosphat, andererseits ein Knochenaschesuperphosphat, so muß man, um die Wirkung des speziell zu prüfenden Faktors: Löslichkeitsform der Phosphorsäure **ausschließlich** zum Ausdruck zu bringen, alle übrigen Faktoren, welche auf den Ertrag einen Einfluß üben könnten, bei sämmtlichen Versuchen gleichstellen. Daß die Bodenbeschaffenheit, der Nährstoff- und Feuchtigkeitsgehalt des Bodens, die Saatgutqualität, Saattiefe, Anzahl der Pflanzen, Entfernung der Pflanzen von einander, Licht, Wärme, Luftströmung &c. auf beiden Seiten gleichzustellen sind, ist schon S. 4 unter 2b gefordert worden und ist solches aus dem hier angeführten Grunde gleichfalls zu verlangen. Speziell aber handelt es sich hier noch um diejenigen unbeabsichtigten Differenzen, welche durch etwaige Ungleichheit in der Beschaffenheit des zur Verwendung kommenden Düngematerials hervorgerufen werden können. Die einzige beabsichtigte Differenz zwischen den zwei erwähnten Düngemitteln liegt in der verschiedenen Löslichkeitsform, in welcher sie die Phosphorsäure enthalten, denn nur die Wirkung dieser soll in der zu erzielenden Ertragsdifferenz zum Ausdruck gelangen — jede weitere Beschaffenheit des Düngematerials

also, soweit solche auf den Ertrag von Einfluß sein kann, muß auf beiden Seiten gleichgestellt werden, und zwar sind es in vorliegendem Fall die Korngröße und der Gypsgehalt, welche zu berücksichtigen sind, indem beide — wie meine weiter unten mitzutheilenden Versuche es erwiesen haben — von erheblicher Wirkung auf das Endresultat sein können.

Um also den ausschließlichen Einfluß des Faktors „Löslichkeitsform“ der Phosphorsäure zum Ausdruck zu bringen, muß man entweder die beiden in Rede stehenden Düngemittel auf den gleichen procentischen Phosphorsäuregehalt, auf den gleichen procentischen Gypsgehalt und in die gleiche Korngröße bringen, oder aber man muß — falls man aus praktischen oder anderen Gründen eine besondere Ermittelung der fraglichen Einflüsse für zweckdienlicher hält — durch Ausführung von Ergänzungsversuchen feststellen, wie groß der Einfluß differenter Korngröße, wie groß der Einfluß einer Ungleichheit im procentischen Phosphorsäuregehalt (aus welchem ja eine Differenz in der anzuwenden Düngermenge und daraus weiterfolgend eine Differenz in der Vertheilung der Phosphorsäure entsteht) und wie groß endlich der Einfluß verschieden starker Gypsdüngung auf den Ertrag ist, um dann durch Rechnung den Antheil zu finden, welcher ausschließlich dem zu prüfenden Faktor Löslichkeitsform der Phosphorsäure an der Hervorbringung der Ertragsdifferenz bleibt.

4. Der zu prüfende Vegetationsfaktor muß sich während der ganzen Dauer des Versuchs im relativen Minimum befinden, oder — was dasselbe ist — alle übrigen Faktoren müssen stets im relativen Ueberschuß vorhanden sein.

Ein Beispiel wird dies klar machen.

Gesetzt, man habe bei einem Stickstoffdüngungsversuch das Folgende erhalten:

Versuch Nr.	Düngung	Mehrertrag bei Stickstoffdüngung in Salpeterform Ctr.	Mehrertrag bei Stickstoffdüngung in Ammoniakform Ctr.
1	5 Kilo Stickstoff	**20**	**10**
2	7½ „ „	**30**	**15**
3	10 „ „	35	20
4	12½ „ „	35	25
5	10 „ „ unter Beigabe von 10 Kilo Phosphorsäure.	**40**	**20.**

Aus den Versuchen 1, 2 und 5 ersieht man, daß der in Form von Chilisalpeter gereichte Stickstoff regelmäßig doppelt so viel Mehrertrag geliefert hat als der in Form von Ammoniaksalz gegebene, wogegen die Versuche 3 und 4 durchaus abweichende Resultate aufweisen. Die Ursache dieser Abweichung aber erkennt man auf den ersten Blick. Bei Versuch 3 hätte dem aus Versuch 1 und 2 sich ergebenden Verhältniß gemäß durch die Salpeterdüngung ein Mehrertrag von 40 Ctr. resultiren müssen; es konnten aber nur 35 Ctr. erhalten werden, weil, wie die Versuche 4 und 5 es ergeben, keine Phosphorsäure mehr vorhanden war, um eine weitere Steigerung des Mehrertrags zu bewirken und den Salpeter zu voller Wirksamkeit kommen zu lassen. Erst als bei Versuch 5 der nothwendige Ueberschuß an Phosphorsäure wieder hergestellt war, steigerte sich der Mehrertrag in dem regelmäßigen Verhältniß.

Hätte man also nur den Versuch 3 oder nur den Versuch 4 ausgeführt, d. h. hätte man eine Düngung von 10 Kilo oder 12½ Kilo Stickstoff gewählt und sich auf diese Düngung beschränkt, so wäre die oben gestellte Forderung nicht erfüllt gewesen, die Stickstoffdüngung hätte nicht zu voller

Wirkung kommen können, weil es an Phosphorsäure gefehlt und man wäre zu ganz falschen Resultaten gelangt.

Die Nothwendigkeit eines steten relativen Ueberschusses aller Ertragsfaktoren im Verhältniß des zu prüfenden wird aus dem angeführten Beispiel klar sein; — wie man aber den Nachweis liefert, daß im speziellen Falle ein solcher Ueberschuß thatsächlich vorhanden gewesen ist, ergiebt sich ebenfalls aus unserm Beispiel: man wendet den zu prüfenden Faktor in **verschiedener** Stärke, das zu prüfende Düngemittel in **steigenden** Mengen an, und zieht die Versuche nur so weit zum Vergleich, als mit der steigenden Düngung die Zunahme des Mehrertrages gleichen Schritt gehalten hat.

Unter den bei obiger Forderung in Betracht kommenden Faktoren verdienen außer den verschiedenen Pflanzennährstoffen namentlich das Licht und das Wasser eine ganz besondere Aufmerksamkeit, und gerade die Nichtbeachtung dieser beiden Faktoren ist es meiner Ansicht nach in erster Linie gewesen, wodurch so unzählig viele Düngungsversuche gänzlich erfolglos geblieben und die widersprechendsten Resultate zum Vorschein gekommen sind.

Je stärker die Wirkung einer Düngung, je üppiger die Vegetation, um so mehr verdichtet sich der Bestand einer Versuchsparzelle und um so mehr nähert sich damit die Gefahr, daß der Faktor Licht aufhört im relativen Ueberschuß zu bleiben, wodurch dann die Entwickelung der Pflanzen beziehungsweise die Wirkung der Düngung gehemmt wird. Ebenso ist es mit dem Wasser. Je kräftiger die Vegetation, um so größer ist der Verbrauch an Wasser, um so geringer in Folge dessen der Wasservorrath des Bodens und um so größer die Gefahr, daß dauernd oder vorübergehend ein

Wassermangel eintritt, der die Wirkung der Düngung hindert und ein unrichtiges Endresultat hervorruft.

Erwägt man nun die unter 1—4 von mir aufgestellten Forderungen, so wird man ohne weiteres zugeben müssen, daß der Felddüngungsversuch des praktischen Landwirthes nicht im Stande ist, denselben zu genügen; — erkennt man aber jene Forderungen als berechtigt und nothwendig an, so wird man weiter zugeben müssen, daß der Felddüngungsversuch nicht befähigt ist, Düngungsfragen von allgemeiner Bedeutung in exakter und den Anforderungen des Landwirths genügender Weise zu lösen, womit ja auch die thatsächliche Erfolglosigkeit so unzählig vieler Felddüngungsversuche in befriedigendem Einklang steht.

Der Felddüngungsversuch des praktischen Landwirths hat meiner Auffassung nach nur die Aufgabe, die von lokalen Verhältnissen des Bodens und des Klimas abhängigen Fragen der Rentabilität der Düngungen zu beantworten; und eben so kann auch die sogenannte „statistische Behandlung" der Resultate dieser Versuche, d. h. die Berechnung von Durchschnittsresultaten aus einer größeren Reihe von in verschiedenen Wirthschaften ausgeführten Felddüngungsversuchen — wie sie von Adolf Mayer zuerst empfohlen und von M. Märcker häufig vorgenommen worden ist — nur die Aufgabe haben, Zahlenausdrücke für die mittlere Rentabilität der Düngungen unter den verschiedenen Verhältnissen des Bodens und der Witterung zu schaffen.

Die Statistik der Felddüngungsversuche liefert nichts als Durchschnittszahlen, die sich auf Durchschnittsverhältnisse beziehen und dementsprechend auch beurtheilt werden müssen.

Wenn man beispielsweise in 100 verschiedenen Wirthschaften die Kartoffeln mit $^1/_2$, 1, $1^1/_2$ und 2 Ctr. Chili-

salpeter pro Morgen düngt und dabei findet, daß von je 100 Fällen

eine Düngung mit $^1/_2$ Ctr. Chilisalpeter in 85 Fällen
" " " 1 " " " 85 "
" " " $1^1/_2$ " " " 60 "
" " " 2 " " " 20 "

rentabel, in den übrigen Fällen aber unrentabel gewirkt hat, so kann der Landwirth daraus zwar absolut nicht ersehen, ob er seinen speciell vorliegenden Kartoffelacker mit $^1/_2$ oder 1 oder $1^1/_2$ oder 2 Ctr. Salpeter düngen muß, um den höchstmöglichen Reinertrag zu gewinnen, aber er kann aus jenen Durchschnittsergebnissen doch ersehen, wie groß die Wahrscheinlichkeit der Rentabilität ist, je nachdem er eine geringere oder eine stärkere Salpeterdüngung verwendet. Er kann aus ihnen ersehen, daß die Wahrscheinlichkeit der Rentabilität bei einer Düngung von $^1/_2$ Ctr. pro Morgen eine sehr große ist, daß sie aber bei 1 Ctr. Salpeter nicht geringer ist; also wird er eben so gut 1 Ctr. Salpeter als $^1/_2$ Ctr. riskiren können, während bei $1^1/_2$ Ctr. das Risiko ein größeres und bei 2 Ctr. ein schon sehr großes ist. Um dem Landwirth noch weitere Anhaltspunkte zu bieten, wird man die mittlere Höhe des Reingewinns aus denjenigen Resultaten berechnen, welche eine rentabele Wirkung des Salpeters aufzuweisen haben, man wird ferner die Versuche je nach Bodenbeschaffenheit, Witterung, Vorfrucht und dem Düngungszustand der Aecker gruppiren und für jede Gruppe die mittlere Rentabilität der angewendeten Düngungen berechnen können.

Rentabilitätsfragen sind es, welche die exakte Forschung nicht in ganzem Umfange lösen kann und auch nicht endgültig lösen soll; sie sind es, aber auch sie ganz allein und keine weiteren Düngungsfragen, welche der in der

Praxis stehende Landwirth sich selber beantworten muß. Seine „praktische Erfahrung“ soll ihm Antwort auf jene Fragen geben. Je exakter nun aber die „praktische Erfahrung“ des Einzelnen ist, je bestimmter sie sich zum Ausdruck bringen und je mehr sie sich mit der Erfahrung Anderer vergleichen läßt, um so mehr kann sie auch zum Nutzen der Allgemeinheit verwerthet werden. Und daraus ergiebt sich die eigentliche und, wie ich glaube, ausschließliche Aufgabe der „statistischen Behandlung“ der Felddüngungsversuche: durch die Feststellung relativer Zahlenausdrücke für die mittlere Rentabilität bestimmter Düngungen soll sie die Erfahrung, welche der einzelne Landwirth in gedachter Richtung gewonnen hat — soviel es eben möglich ist — zum Gemeingut machen. —

Völlige Klarheit aber schaffen auf dem gesammten Gebiet der Düngungslehre, Aufklärung schaffen über das „specifische Düngebedürfniß“ einer jeden einzelnen Kulturpflanze, über die specifische Wirkung der verschiedenen Pflanzennährstoffe auf die qualitative und quantitative Entwickelung der Kulturpflanzen; Aufklärung über den Einfluß der Witterung, der Bodenbeschaffenheit, der Bodenzusammensetzung, des Bodengehaltes an Nährstoffen, des wechselnden Feuchtigkeitsgehaltes des Bodens ꝛc. auf die Wirkung eines jeden Pflanzennährstoffes; Aufklärung über die Abhängigkeit solcher Wirkung von der chemischen Verbindungsform, dem Löslichkeitszustande, dem Vertheilungsgrade der Pflanzennährstoffe u. s. f.: das alles kann der Felddüngungsversuch des praktischen Landwirths nicht — nur die exakte wissenschaftliche Methode, nur der „agrikulturchemische Düngungsversuch“ in engster Verbindung mit der chemischen Analyse und mit ergänzenden, physikalischen und chemischen Experimenten ist im Stande, jene Aufgaben zu lösen.

Unter einem „agrikulturchemischen Düngungsversuch“ aber verstehe ich einen unter Berücksichtigung obengenannter Forderungen angelegten und mit allen Hülfsmitteln der Wissenschaft durchgeführten Versuch, dessen Resultate durch umfassende Controle sichergestellt und durch genügende Wiederholung unter eventueller Variirung der Verhältnisse bestätigt worden sind. —

Wie eingangs erwähnt, habe ich mich seit einer Reihe von Jahren mit der Ausbildung und Ausführung solcher exakter Versuche beschäftigt, habe auch bereits einige neue und nicht unwichtige Aufschlüsse mit Hülfe derselben erhalten, was mir Veranlassung ward, einige praktisch wichtige Düngungsfragen, namentlich solche, welche von meinen Arbeiten berührt worden sind, in kurzer und allgemein verständlicher Fassung hier zu besprechen.